

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 4 5 7 0 4

(43) 公開日 平成11年(1999)5月28日

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

H 0 1 P 1/20

H 0 1 P 1/20

A

1/208

1/208

A

1/213

1/213

M

7/10

7/10

審査請求 未請求 請求項の数 1 1 O L

(全 2 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-220371

(71) 出願人 000006231

(22) 出願日 平成10年(1998)8月4日

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(31) 優先権主張番号 特願平9-239685

(72) 発明者 服部 準

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(32) 優先日 平9(1997)9月4日

(72) 発明者 田中 紀洋

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(33) 優先権主張国 日本 ( J P )

(72) 発明者 阿部 眞

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 弁理士 小森 久夫

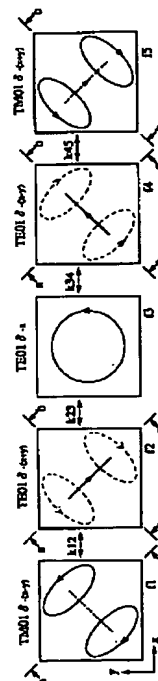
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多重モード誘電体共振器装置、誘電体フィルタ、複合誘電体フィルタ、合成器、分配器および通信装置

(57) 【要約】

【課題】 小型で且つ複数段の共振器からなる誘電体共振器装置およびQ の高い多重モードの誘電体共振器装置を提供する。

【解決手段】  $TM_{01\delta-x}$ ,  $-y$ ,  $-z$ ,  $TE_{01\delta-x}$ ,  $-y$ ,  $-z$ 等の複数のモードで共振する略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの中央部に配置し、これらの複数の共振モードを利用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの略中央部に配置し、前記誘電体コアの  $x$ 、 $y$ 、 $z$  の直角座標で  $y-z$  面に平行な面で磁界が回る  $TM01\delta_{-x}$  モードと、 $x-z$  面に平行な面で磁界が回る  $TM01\delta_{-y}$  モードを生じさせる多重モード誘電体共振器装置。

【請求項2】 略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの略中央部に配置し、前記誘電体コアの  $x$ 、 $y$ 、 $z$  の直角座標で  $y-z$  面に平行な面で磁界が回る  $TM01\delta_{-x}$  モードと、 $x-z$  面に平行な面で磁界が回る  $TM01\delta_{-y}$  モードと、 $x-y$  面に平行な面で磁界が回る  $TM01\delta_{-z}$  モードとを生じさせる多重モード誘電体共振器装置。

【請求項3】 略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの略中央部に配置し、前記誘電体コアの  $x$ 、 $y$ 、 $z$  の直角座標で  $y-z$  面に平行な面で電界が回る  $TE01\delta_{-x}$  モードと、 $x-z$  面に平行な面で電界が回る  $TE01\delta_{-y}$  モードを生じさせる多重モード誘電体共振器装置。

【請求項4】 略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの略中央部に配置し、前記誘電体コアの  $x$ 、 $y$ 、 $z$  の直角座標で  $y-z$  面に平行な面で電界が回る  $TE01\delta_{-x}$  モードと、 $x-z$  面に平行な面で電界が回る  $TE01\delta_{-y}$  モードと、 $x-y$  面に平行な面で電界が回る  $TE01\delta_{-z}$  モードとを生じさせる多重モード誘電体共振器装置。

【請求項5】 請求項1または請求項2に記載の各モードと請求項3または請求項4に記載の各モードとを単一の誘電体コアおよびキャビティで生じさせた多重モード誘電体共振器装置。

【請求項6】 請求項1～5のうちいずれかに記載の誘電体共振器装置の各モードのうち所定のモード同士を結合させて、共振器を多段化した誘電体共振器装置。

【請求項7】 請求項1～6のうちいずれかに記載の誘電体共振器装置と、該誘電体共振器装置の所定のモードに外部結合する外部結合手段とを備えて成る誘電体フィルタ。

【請求項8】 共通に用いる単一または複数のポートと個別に用いる複数のポートとの間に請求項7に記載の誘電体フィルタをそれぞれ設けて成る複合誘電体フィルタ。

【請求項9】 請求項1～6のうちいずれかに記載の誘電体共振器装置と、該誘電体共振器装置の複数の所定のモードにそれぞれ独立に外部結合する独立外部結合手段と、前記誘電体共振器装置の複数の所定のモードに共通に外部結合する共通外部結合手段とを備え、該共通外部結合手段を出力ポート、前記複数の独立外部結合手段を入力ポートとする合成器。

【請求項10】 請求項1～6のうちいずれかに記載の

誘電体共振器装置と、該誘電体共振器装置の複数の所定のモードにそれぞれ独立に外部結合する独立外部結合手段と、前記誘電体共振器装置の複数の所定のモードに共通に外部結合する共通外部結合手段とを備え、該共通外部結合手段を入力ポート、前記複数の独立外部結合手段を出力ポートとする分配器。

【請求項11】 請求項8に記載の複合誘電体フィルタ、請求項9に記載の合成器、または請求項10に記載の分配器を高周波部に設けた通信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、多重モードで動作する誘電体共振器装置、誘電体フィルタ、複合誘電体フィルタ、合成器、分配器、および通信装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】誘電体内の電磁波が誘電体と空気との境界で全反射を繰り返しながら、元の位置に同位相で戻ってくるにより共振する誘電体共振器は、小型で無負荷  $Q$  ( $Q_0$ ) の高い共振器として用いられる。そのモードには、断面が円形や矩形の誘電体棒を、その誘電体棒を伝搬する  $TE$  モードや  $TM$  モードの  $s \cdot \lambda_g / 2$  ( $\lambda_g$  は管内波長、 $s$  は整数) の長さで切断した時に得られる  $TE$  モードや  $TM$  モードがある。そして、断面のモードが  $TM01$  モードで上記  $s=1$  の場合、 $TM01\delta$  モードの共振器が得られ、断面のモードが  $TE01$  モードで  $s=1$  の場合、 $TE01\delta$  モードの誘電体共振器が得られる。

【0003】これらの誘電体共振器は図26に示すように、誘電体共振器の共振周波数を遮断する円形導波管または矩形導波管をキャビティとして、その中に円柱形状の  $TM01\delta$  モードの誘電体コアまたは  $TE01\delta$  モードの誘電体コアを配置する。

【0004】図27は上記2つのモードの誘電体共振器における電磁界分布を示す図である。ここで実線は電界、破線は磁界をそれぞれ示している。

【0005】このような誘電体コアを用いた誘電体共振器によって複数段の誘電体共振器装置を構成する場合、キャビティ内に複数の誘電体コアを配列することになる。図26に示した例では、(A)の  $TM01\delta$  モードの誘電体コアをその軸方向に配列するか、(B)の  $TE01\delta$  モードの誘電体コアを同一平面に沿って配置することになる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような従来の誘電体共振器装置においては、共振器を多段化するために、複数の誘電体コアを高精度に位置決め固定しなければならない。そのため、特性のそろった誘電体共振器装置を得難いという問題があった。

【0007】なお、柱状や十字型の誘電体コアをキャビティ内に一体的に設けた  $TM$  モードの誘電体共振器も従

来より用いられている。このタイプの誘電体共振器装置では、限られた空間内にTMモードを多重化することができるため、小型で多段の誘電体共振器装置が得られるが、誘電体コアへの電磁界エネルギーの集中度が低く、キャビティに設けた導電体膜に実電流が流れるため、一般にTEモードの誘電体共振器ほどの高いQ<sub>o</sub>が得られないという問題があった。

【0008】この発明の目的は、小型で且つ複数段の共振器からなる誘電体共振器装置を提供すること、およびQ<sub>o</sub>の高い多重モードの誘電体共振器装置を提供することにある。

【0009】また、この発明の目的は、上記多重モード誘電体共振器を用いた誘電体フィルタ、複合誘電体フィルタ、合成器、分配器、および通信装置を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】この発明の多重モード誘電体共振器装置は、請求項1に記載のとおり、略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの略中央部に配置し、前記誘電体コアのx、y、zの直角座標でy-z面に平行な面で磁界が回るTM01δ<sub>-x</sub>モードと、x-z面に平行な面で磁界が回るTM01δ<sub>-y</sub>モードを生じさせる。また、請求項2に記載のとおり、y-z面に平行な面で磁界が回るTM01δ<sub>-x</sub>モードと、x-z面に平行な面で磁界が回るTM01δ<sub>-y</sub>モードと、x-y面に平行な面で磁界が回るTM01δ<sub>-z</sub>モードとを生じさせる。このように略直方体形状の誘電体コアを、略直方体形状のキャビティの略中央部に配置するようにしたため、TMモードでありながら誘電体コアへの電磁界エネルギーの集中度が高まり、キャビティに流れる実電流が微小となるため、Q<sub>o</sub>を高くすることができる。しかも、単一の誘電体コアおよびキャビティでありながら、2つまたは3つのTMモードを利用することができ、全体に小型化を図ることができる。

【0011】この発明の多重モード誘電体共振器装置は、請求項3に記載のとおり、略直方体形状の誘電体コアを略直方体形状のキャビティの略中央部に配置し、前記誘電体コアのx、y、zの直角座標でy-z面に平行な面で電界が回るTE01δ<sub>-x</sub>モードと、x-z面に平行な面で電界が回るTE01δ<sub>-y</sub>モードを生じさせる。また、請求項4に記載のとおり、y-z面に平行な面で電界が回るTE01δ<sub>-x</sub>モードと、x-z面に平行な面で電界が回るTE01δ<sub>-y</sub>モードと、x-y面に平行な面で電界が回るTE01δ<sub>-z</sub>モードとを生じさせる。このようにTEモードでありながら2重または3重に多重化することができ、全体に小型化を図ることができる。

【0012】また、この発明の多重モード誘電体共振器装置は、請求項5に記載のとおり、前記2重または3重のTMモードと2重または3重のTEモードとを単一の誘電体コアおよびキャビティで生じさせる。このことに

よりTMモードとTEモードの両モードを用いた誘電体共振器装置が得られ、また4重以上の多重モードの誘電体共振器装置となるため、全体にさらに小型化を図ることができる。

【0013】多重化された上記の各共振モードを互いに結合させずに独立させて用いれば、たとえば帯域阻止フィルタ、合成器、分配器など、複数の共振器による回路を単一の誘電体コアを用いて小型に構成することができる。

【0014】さらに、この発明の多重モード誘電体共振器装置は請求項6に記載のとおり、請求項1～5のうちいずれかに記載の誘電体共振器装置の各モードのうち所定のモード同士を結合させて、共振器を多段化する。これにより複数の誘電体共振器を多段接続した共振器装置が構成され、たとえば帯域通過型フィルタ特性を有する誘電体共振器装置が得られる。また、複数の共振モードのうち、幾つかを順次結合させ、他の共振モードを独立した共振器として用いれば、たとえば帯域通過フィルタと帯域阻止フィルタを組み合わせたフィルタを構成することも可能となる。

【0015】また、この発明では、請求項7に記載のとおり、前記多重モード誘電体共振器装置の所定のモードに結合する外部結合手段を設けて誘電体フィルタを構成する。

【0016】また、この発明では、請求項8に記載のとおり、前記誘電体フィルタを複数用いて3つ以上のポートを有する複合誘電体フィルタを構成する。

【0017】また、この発明では、請求項9に記載のとおり、前記多重モード誘電体共振器装置の複数の所定のモードにそれぞれ独立に外部結合する独立外部結合手段と、前記多重モード誘電体共振器装置の複数の所定のモードに共通に外部結合する共通外部結合手段とを備え、該共通外部結合手段を出力ポート、前記複数の独立外部結合手段を入力ポートとして合成器を構成する。

【0018】また、この発明では、請求項10に記載のとおり、前記多重モード誘電体共振器装置の複数の所定のモードにそれぞれ独立に外部結合する独立外部結合手段と、前記多重モード誘電体共振器装置の複数の所定のモードに共通に外部結合する共通外部結合手段とを備え、該共通外部結合手段を入力ポート、前記複数の独立外部結合手段を出力ポートとして分配器を構成する。

【0019】さらに、この発明では、請求項11に記載のとおり、上記複合誘電体フィルタ、合成器、分配器を高周波部に用いて通信装置を構成する。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】この発明の第1の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の構成を図1～図4を参照して説明する。

【0021】図1は多重モード誘電体共振器装置の基本構成部分の斜視図である。同図において1は略直方体形

状の誘電体コア、2は角筒形状のキャビティ、3は誘電体コア1をキャビティ2の略中央部に支持するための支持体である。キャビティ2の外周面には導電体膜を形成して、2つの開口面には導電体膜を形成した誘電体板または金属板を配置して略直方体形状のシールド空間を構成する。また、必要に応じてキャビティ2の開口面に他のキャビティの開口面を対向させ、所定の共振モードの電磁界を結合させて多段化を図る。

【0022】図1に示した支持体3は、通常、誘電体コア1の誘電率より比誘電率が低いセラミック材料を用い、誘電体コア1とキャビティ2の内壁面との間にそれぞれ配置して焼成一体化する。

【0023】図1に示した誘電体コア1による共振モードを図2～4に示す。これらの図においてx, y, zは図1に示した3次元方向の座標軸であり、図2～図4では2次元の各面における断面図をそれぞれ示している。図2～図4における実線の矢印は電界ベクトル、破線の矢印は磁界ベクトル、“・”記号および“×”記号は電界または磁界の方向を示している。なお、図2～図4ではx, y, zの3方向のTM01δモード、同じく3方向のTE01δモードの合計6つの共振モードについてのみ示している。実際にはこれらの高次の共振モードも存在するが、通常はこれらの基本モードを用いる。

【0024】次に、第2の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の構成を図5～図8を参照して説明する。

【0025】図5は多重モード誘電体共振器装置の基本構成部分の斜視図である。同図において1は略直方体形状の誘電体コア、2は角筒形状のキャビティ、3は誘電体コア1をキャビティ2の略中央部に支持するための支持体である。キャビティ2の外周面には導電体膜を形成している。この例ではキャビティの内壁面の四面にそれぞれ2つつづつ支持体3を設けている。その他の構成は第1の実施形態の場合と同様である。

【0026】図6は図5に示した多重モード誘電体共振器装置の製造工程の一例を示す図である。まず(A)に示すように誘電体コア1をキャビティ2に対して連結部分1'で連結した状態で同時に一体成形する。このとき成形金型は、角筒形状のキャビティ2の開口面から軸方向に開枠させる。続いて同図の(B)に示すように連結部分1'の近傍に、誘電体コア1の各々のコーナ部分に相当する箇所に支持体3をペースト状態のガラスグレーズで仮接着する。またキャビティ2の外周面にAgペーストを塗布し、その後、電極膜の焼付けと同時に支持体3を誘電体コア1およびキャビティ2の内壁面に焼き付ける(ガラスグレーズで接合させる。)その後、連結部分1'部分を削り取ることによって、同図の(C)に示すように、誘電体コア1をキャビティ2の中央部に装荷した構造とする。ここで誘電体コア1およびキャビティ2としては、 $\epsilon_r = 3.7$ 、 $\tan \delta = 1/20,000$ のZrO

$z - \text{SnO}_2 - \text{TiO}_2$ 系の誘電体セラミック材料を用い、支持体3としては $\epsilon_r = 6$ 、 $\tan \delta = 1/2,000$ の $2\text{MgO} - \text{SiO}_2$ 系の低誘電率セラミック材料を用いる。両者は線膨張係数が近似しており、誘電体コアの発熱および環境温度の変化に対しても支持体と誘電体コアまたはキャビティとの間の接合面に過大な応力が加わることがない。

【0027】なお、上述した実施形態では単体の支持体を用いた例を示したが、支持体を誘電体コアまたはキャビティと共に一体成形するようにしてもよく、支持体、誘電体コアおよびキャビティを全て一体成形するようにしてもよい。

【0028】図7は図5に示した誘電体コア1のz軸方向の厚みおよび支持体3の断面積を変化させた時のTE01δ-x, TE01δ-yおよびTE01δ-zの各モードの共振周波数の変化を示す図である。このように誘電体コアのz軸方向の厚みを増す程、TE01δ-x, TE01δ-yモードの共振周波数がより大きく低下し、また支持体の断面積を大きくする程、TE01δ-zモードの共振周波数がより大きく低下する。これらの関係を利用して、誘電体コア1のz軸方向の厚みと支持体3の断面積を適宜設計することによって、TE01δ-x, TE01δ-y, TE01δ-zの3つのモードの共振周波数を一致させることができる。これにより、所定の共振モード間を結合させれば、多段化を図ることができる。

【0029】図8は図5に示したキャビティ2の壁厚、誘電体コア1のz軸方向の厚み、および支持体3の断面積を変化させた時の、上記3つのTMモードについての共振周波数の変化を示す図である。キャビティの壁厚のみを厚くした場合、TM01δ-x, TM01δ-yモードの共振周波数はTM01δ-zモードの共振周波数より大きく低下し、誘電体コアのz軸方向の厚みを厚くすると、TM01δ-zモードの共振周波数がTM01δ-x, TM01δ-yモードの共振周波数より大きく低下する。また支持体の断面積を大きくすると、TM01δ-x, TM01δ-yモードの共振周波数がTM01δ-zモードの共振周波数より大きく低下する。この関係を利用して例えば図中のp1またはp2で示す特性点で3つのモードの共振周波数を一致させることができる。

【0030】図9は第3の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の誘電体コア部分の構成を示す斜視図である。既に図2～図4を参照して説明したように、TE01δモードでは、電界成分が誘電体コアを8分割する各断面付近に集中するのに対し、TM01δモードではそのようなことがないため、図9に示したように誘電体コアにその各面の中央で交差する十字型の溝gをそれぞれ設けることによって、TE01δモードの共振周波数を選択的に高めることができる。

【0031】図10は図9に示した溝gの深さと両モードの共振周波数の変化の関係を示す図である。溝を設け

ない場合には一般に  $TE_{01\delta}$  モードの共振周波数は  $TM_{01\delta}$  モードの共振周波数より低い値を示すが、溝  $g$  を設けた場合、その深さを深くするほど  $TE_{01\delta}$  モードの共振周波数が上昇し、あるところで  $TM_{01\delta}$  モードの共振周波数と一致する。なお、溝深さを一定として、溝幅を広げるようにした場合でも、その溝幅を広げる程、 $TE_{01\delta}$  モードの共振周波数を選択的に上昇させることができる。誘電体コア、キャビティ、支持体の各寸法および各部の比誘電率等によって、上記溝のない状態で、 $TE_{01\delta}$  モードの共振周波数が  $TM_{01\delta}$  モードの共振周波数より低い場合、このようにして、誘電体コアに溝を形成することによって、 $TE_{01\delta}$  モードの共振周波数と  $TM_{01\delta}$  モードの共振周波数とを一致させることができる。そして両モードの共振周波数を一致させ、且つ両モード間を結合させれば多段化を図ることができる。

【0032】さて、次に  $TM_{01\delta}$  モード同士を結合させた多重モード誘電体共振器装置の構成を図 11～図 14 を参照して説明する。

【0033】図 11 は誘電体コア部分の斜視図であり、図中の  $h_0 \sim h_4$  は所定のモード間の結合係数を調整する際に用いる孔である。

【0034】図 12 は各モードにおける電磁界分布を示す図である。ここで実線の矢印は電界、破線は磁界を示す。(A) は結合すべき 2 つの主モード  $TM_{01\delta-(x-y)}$  モードと  $TM_{01\delta-(x+y)}$  モードの電磁界分布をそれぞれ示す図である。(B) はその結合モードであるオッドモードとイーブンモードの電磁界分布をそれぞれ示す図であり、この例ではオッドモードは  $TM_{01\delta-y}$  モード、イーブンモードは  $TM_{01\delta-x}$  モードと表せる。

【0035】図 13 は上記 2 つの主モードの磁界分布を示す斜視図である。この 2 つのモードの結合係数  $k_{12}$  は、オッドモードの共振周波数を  $f_o$ 、イーブンモードの共振周波数を  $f_e$  として次式で表される。

【0036】

$$k_{12} \propto 2(f_o - f_e) / (f_o + f_e)$$

したがって  $f_o$  と  $f_e$  に差をもたせることにより、主モードである  $TM_{01\delta-(x-y)}$  モードと  $TM_{01\delta-(x+y)}$  モードとを結合させる。そこで、 $f_o$  と  $f_e$  に差をもたせるために、図 14 に示すように誘電体コアの中央部の孔  $h_0$  を  $y$  軸方向に広げる。すなわち  $TM_{01\delta-y}$  の電界の向きに平行で、 $TM_{01\delta-x}$  の電界の向きに垂直な方向に延びる溝を形成することにより、 $f_e > f_o$  の関係とする。また、逆に孔  $h_0$  を  $x$  軸方向に延びる孔とすることにより、 $f_e < f_o$  の関係とする。いずれの場合でも  $f_o$  と  $f_e$  に応じた結合係数で結合をとることができる。

【0037】上述の例では、 $TM_{01\delta-(x-y)}$  モードと  $TM_{01\delta-(x+y)}$  モードを主モードとし、 $TM_{01\delta-y}$

モードと  $TM_{01\delta-x}$  モードを結合モードとしたが、逆に  $TM_{01\delta-y}$  モードと  $TM_{01\delta-x}$  モードを主モードとし、 $TM_{01\delta-(x-y)}$  モードと  $TM_{01\delta-(x+y)}$  モードを結合モードとしてもよい。その場合、図 14 に示した孔  $h_0$  の内径を対角線方向に広げればよい。

【0038】図 15 は  $TM$  モードと  $TE$  モードとを結合させ、3 つのモードを順次結合させる例を示す図である。誘電体コアの構成は図 11 に示したものと同様である。図 15 において (A) は  $TM_{01\delta-(x-y)}$ 、 $TE_{01\delta-z}$ 、 $TM_{01\delta-(x+y)}$  の 3 つのモードにおける電磁界分布をそれぞれ示す図であり、実線の矢印は電界、破線は磁界をそれぞれ示している。(B) は上記  $TE$  モードと他の 2 つの  $TM$  モードとの間の結合関係を示す図である。(B) の左側に示す図は (A) における  $TM_{01\delta-(x-y)}$  モードの電界分布と  $TE_{01\delta-z}$  モードの電界分布とを重ねて表したものであり、A 点と B 点での電界の強さのバランスを崩すことによって、 $TM_{01\delta-(x-y)}$  モードから  $TE_{01\delta-z}$  モードへエネルギーが移る。したがって同図の (C) の左側に示す図のように、たとえば孔  $h_2$  の内径を広げて孔  $h_1$  と差をもたせることによって結合係数  $k_{12}$  を調整する。

【0039】同様に図 15 の (B) の右側に示す図は  $TE_{01\delta-z}$  モードと  $TM_{01\delta-(x+y)}$  モードにおける電界分布を重ねて示した図である。この場合、C 点と D 点の電界の強さのバランスを崩すことによって、 $TE_{01\delta-z}$  モードから  $TM_{01\delta-(x+y)}$  モードへエネルギーが移る。したがって同図の (C) の右側に示す図のように、たとえば孔  $h_4$  の内径を広げて孔  $h_3$  と差をもたせることによって結合係数  $k_{23}$  を調整する。

【0040】図 16 は 5 つの共振モードを順次結合させて 5 段の共振器として作用させる例を示す図である。誘電体コアの構成は図 11 に示したものと同様である。図 16 において実線は電界、破線は磁界の分布をそれぞれ示している。

【0041】まず  $TM_{01\delta-(x-y)}$  と  $TE_{01\delta-(x+y)}$  とを結合させる場合について考える。図 17 は図 16 における  $a-a$  部分の断面における上記 2 つのモードの電磁界分布を示す図である。(B) はその 2 つの電界分布を重ねて示したものである。このように  $a-a$  断面における  $TM_{01\delta-(x-y)}$  と  $TE_{01\delta-(x+y)}$  の電界の強さのバランスを崩すことによって、 $TM_{01\delta-(x-y)}$  から  $TE_{01\delta-(x+y)}$  へエネルギーが移る。したがって図 18 に示すように、 $a-a$  断面において上面と下面とで孔の大きさを異ならせる。同図に示す例では、誘電体コア 1 の上面に  $(x+y)$  軸方向に延びる溝  $g$  を設ける。

【0042】次に、図 16 に示した  $TE_{01\delta-(x+y)}$  と  $TE_{01\delta-z}$  モードとの結合について考える。図 19 の (A) は誘電体コアの  $b-b$  部分の断面における上記 2 つのモードの電界分布を示す図である。また (B) はその結合モードであるイーブンモードとオッドモードの電

界分布を示す図である。上記2つのモードを結合させる場合、このイーブンモードの共振周波数  $f_e$  とオッドモードの共振周波数  $f_o$  に差をもたせればよい。そのために図20に示すように  $b-b$  部分の断面における対角線方向の対称性を崩す。この例では、孔  $h_2$  の上面開口部付近と孔  $h_1$  の下面開口部付近に溝  $g$  をそれぞれ形成する。このことにより図19の(B)に示したイーブンモードの共振周波数  $f_e$  がオッドモードの共振周波数  $f_o$  より高くなり、その差に応じた結合係数で  $TE_{01\delta-(x+y)}$  と  $TE_{01\delta-z}$  モードとが結合することになる。

【0043】次に、図16に示した3段目と4段目の結合すなわち  $TE_{01\delta-z}$  モードと  $TE_{01\delta-(x-y)}$  との結合を考える。図21は誘電体コアの  $a-a$  部分の断面における上記2つのモードの電界分布を示す図である。また(B)はその結合モードであるイーブンモードとオッドモードの電界分布を示す図である。上記2つのモードを結合させる場合、このイーブンモードの共振周波数  $f_e$  とオッドモードの共振周波数  $f_o$  に差をもたせればよい。そのために図22に示すように  $a-a$  部分の断面における対角線方向の対称性を崩す。この例では、孔  $h_3$  の上面開口部付近と孔  $h_4$  の下面開口部付近に溝  $g$  をそれぞれ形成する。このことにより図21の(B)に示したオッドモードの共振周波数  $f_o$  がイーブンモードの共振周波数  $f_e$  より高くなり、その差に応じた結合係数で  $TE_{01\delta-z}$  モードと  $TE_{01\delta-(x-y)}$  とが結合することになる。

【0044】次に、図16に示した  $TE_{01\delta-(x-y)}$  と  $TM_{01\delta-(x+y)}$  とを結合させる場合について考える。図23の(A)は図16における  $b-b$  部分の断面における上記2つのモードの電界分布を示す図である。(B)はその2つの電界分布を重ねて示したものである。このように  $b-b$  断面における  $TE_{01\delta-(x-y)}$  と  $TM_{01\delta-(x+y)}$  の電界の強さのバランスを崩すことによって、 $TE_{01\delta-(x-y)}$  から  $TM_{01\delta-(x+y)}$  へエネルギーが移る。したがって図24に示すように、 $b-b$  断面において上面と下面とで孔の大きさを異ならせる。同図に示す例では、誘電体コア1の上面に  $(x-y)$  軸方向に延びる溝  $g$  を設ける。

【0045】上記の実施形態では誘電体コアの各共振モードと外部回路との結合手段については図示していないが、たとえば結合ループを用いる場合、次に述べるように結合させるべきモードの磁界が過る方向に結合ループを配置することによって外部結合をとればよい。

【0046】以上に示した例では、複数の共振モードを順次結合させたが、各共振モード間を結合させずに、独立させて使用する例を図25を参照して次に示す。図25において二点鎖線はキャビティであり、このキャビティ内に誘電体コア1を配置している。誘電体コア1の支持構造については省略している。同図の(A)は帯域阻止フィルタを構成する例である。4a、4b、4cはそ

れぞれ結合ループであり、結合ループ4aは  $y-z$  面に平行な面の磁界 ( $TM_{01\delta-x}$  モードの磁界) に結合し、結合ループ4bは  $x-z$  面に平行な面の磁界 ( $TM_{01\delta-y}$  モードの磁界) に結合し、結合ループ4cは  $x-y$  面に平行な面の磁界 ( $TM_{01\delta-z}$  モードの磁界) に結合する。これらの結合ループ4a、4b、4cのそれぞれの一端は接地していて、結合ループ4aと4bの他端同士および4bと4cの他端同士を  $\lambda/4$  またはその奇数倍の電気長を有する伝送線路5、5を介してそれぞれ接続している。そして結合ループ4a、4cの他端を信号の入出力端としている。この構成により、3つの共振器のうち隣接する共振器が  $\pi/2$  の位相差をもって線路に接続された帯域阻止フィルタを得る。

【0047】なお、同様に、結合ループを介して、および必要に応じて伝送線路を介して所定の共振モード間を結合させて、帯域通過フィルタを構成してもよい。

【0048】図25の(B)は合成器または分配器を構成する例である。ここで4a、4b、4c、4dはそれぞれ結合ループであり、結合ループ4aは  $y-z$  面に平行な面の磁界 ( $TM_{01\delta-x}$  モードの磁界) に結合し、結合ループ4bは  $x-z$  面に平行な面の磁界 ( $TM_{01\delta-y}$  モードの磁界) に結合し、結合ループ4cは  $x-y$  面に平行な面の磁界 ( $TM_{01\delta-z}$  モードの磁界) に結合する。そして結合ループ4dは、そのループ面が  $y-z$  面、 $x-z$  面、 $x-y$  面のいずれの面に対しても傾いていて、上記3つのモードの磁界にそれぞれ結合する。これらの結合ループのそれぞれの一端は接地していて、他端は信号入力端または出力端としている。すなわち合成器として用いる場合は、結合ループ4a、4b、4cから信号を入力し、結合ループ4dから信号を出力する。また分配器として用いる場合は、結合ループ4dから信号を入力し、結合ループ4a、4b、4cから信号を出力する。これにより、3入力1出力の合成器または1入力3出力の分配器を得る。

【0049】上述の例では3つの共振モードを独立させて利用したが、4つ以上のモードを利用してもよい。また複数の共振モードのうち、幾つかを順次結合させて帯域通過フィルタを構成し、他の共振モードを独立させてたとえば帯域阻止フィルタを構成すれば、帯域通過フィルタと帯域阻止フィルタを組み合わせた複合フィルタを構成することも可能となる。

【0050】次に、3重モードの誘電体共振器装置の例を図28～図32を参照して説明する。図28は3重モードの誘電体共振器装置の基本構成部分の斜視図である。同図において1は、2辺が略同一長さで他の1辺が2辺の長さより短い、正方形板状の誘電体コア、2は角筒形状のキャビティ、3は誘電体コア1をキャビティ2の略中央部に支持するための支持体である。キャビティ2の外周面には導電体膜を形成していて、2つの開口面には導電体膜を形成した誘電体板または金属板を配置し

て略直方体形状のシールド空間を構成する。また、必要に応じてキャビティ 2 の開口面に他のキャビティの開口面を対向させ、所定の共振モードの電磁界を結合させて多段化を図る。

【0051】図 28 に示した支持体 3 は、誘電体コア 1 より低誘電率のセラミック材料を用い、誘電体コア 1 とキャビティ 2 の内壁面との間にそれぞれ配置して焼成一体化する。

【0052】図 28 に示した誘電体コア 1 による共振モードを図 29～31 に示す。これらの図において、 $x$ ,  $y$ ,  $z$  は図 28 に示した 3 次元方向の座標軸であり、図 29～図 31 では 2 次元の各面における断面図をそれぞれ示している。図 29～図 31 における実線の矢印は電界ベクトル、破線の矢印は磁界ベクトル、“ $\cdot$ ” 記号および “ $\times$ ” 記号は電界または磁界の方向を示している。なお、図 29～図 31 では  $y$  方向の  $TE01\delta$  モード ( $TE01\delta_y$ )、 $x$  方向の  $TM01\delta$  モード ( $TM01\delta_x$ )、 $z$  方向の  $TM01\delta$  モード ( $TM01\delta_z$ ) について示している。

【0053】図 32 は誘電体コアの厚みと 6 つのモードの共振周波数との関係を示している。(A) の縦軸は共振周波数、(B) の縦軸は  $TM01\delta_x$  モードを基準とした共振周波数比をとって表している。また、(A)、(B) において、横軸は誘電体コアの厚みを偏平率によって表したものである。なお、 $TE01\delta_z$  モードと  $TE01\delta_x$  モードは対称であるため、 $TE01\delta_z$  モードを表す  $\Delta$  マークは  $TE01\delta_x$  モードを表す  $\blacktriangle$  マークに重なっている。同様に、 $TM01\delta_z$  モードと  $TM01\delta_x$  モードは対称であるため、 $TM01\delta_z$  モードを表す  $\circ$  マークは  $TM01\delta_x$  モードを表す  $\bullet$  マークに重なっている。

【0054】このように、誘電体コアの厚みを薄くする (偏平率を小さくする) 程、 $TE01\delta_y$  モード、 $TM01\delta_x$  モード、 $TM01\delta_z$  モードの共振周波数と、 $TM01\delta_y$  モード、 $TE01\delta_x$  モード、 $TE01\delta_z$  モードの共振周波数との差が大きくなる。

【0055】この実施形態では上記の関係を利用して誘電体コアの厚み寸法を設定し、 $TE01\delta_y$ 、 $TM01\delta_x$ 、 $TM01\delta_z$  の 3 つのモードを用いる。他の  $TM01\delta_y$ 、 $TE01\delta_x$ 、 $TE01\delta_z$  の各モードの周波数は上記 3 つのモードの周波数から遠ざけて影響を受けないようにしている。

【0056】次に、上記 3 重モードの誘電体共振器装置を用いた誘電体フィルタの例を図 33 を参照して説明する。図 33 において、1a、1d は角柱状の誘電体コアであり、 $TM1$  重モードの誘電体共振器として用いる。1b、1c は 2 辺が略同一長さで他の 1 辺が 2 辺の長さより短い正方形板状の誘電体コアであり、上記 3 重モードの誘電体共振器として用いる。この 3 重モードは図 15 に示したとおり、 $TM01\delta_{-(x+y)}$  モード、 $TE01$

$\delta_z$  モード、 $TM01\delta_{-(x+y)}$  モードの 3 つのモードである。

【0057】4a～4e はそれぞれ結合ループである。結合ループ 4a の一端はキャビティ 2 に接続し、他端はたとえば同軸コネクタ (不図示) の中心導体に接続している。誘電体コア 1a による  $TM1$  重モードの磁界 (磁力線) が結合ループ 4a のループ面を過る向きに結合ループ 4a を配置することによって、結合ループ 4a は誘電体コア 1a による  $TM1$  重モードに対して磁界結合する。結合ループ 4b の一方の端部付近は誘電体コア 1a の  $TM1$  重モードに磁界結合する向きに延びていて、他方の端部付近は誘電体コア 1b の  $TM01\delta_{-(x-y)}$  モードに磁界結合する向きに延びている。そして、結合ループ 4b の両端をキャビティ 2 に接続している。結合ループ 4c の一方の端部付近は誘電体コア 1b の  $TM01\delta_{-(x+y)}$  モードに磁界結合する向きに延びていて、他方の端部は誘電体コア 1c の  $TM01\delta_{-(x-y)}$  モードに磁界結合する向きに延びている。そして、結合ループ 4c の両端をキャビティ 2 に接続している。さらに、結合ループ 4d の一方の端部は誘電体コア 1c の  $TM01\delta_{-(x+y)}$  モードに磁界結合する向きに延びていて、他方の端部は誘電体コア 1d による  $TM1$  重モードの電磁界に対して磁界結合する向きに延びている。そして、結合ループ 4d の両端をキャビティ 2 に接続している。結合ループ 4e は誘電体コア 1d による  $TM1$  重モードに対して磁界結合する向きに配置して、一方の端部をキャビティ 2 に接続し、他方の端部を同軸コネクタ (不図示) の中心導体に接続している。

【0058】誘電体コア 1b による 3 重モードの誘電体共振器および誘電体コア 1c による 3 重モードの誘電体共振器には結合調整用孔 h2、h4 をそれぞれ形成している。図 15 に示したように、結合調整用孔 h2 により  $TM01\delta_{-(x-y)}$  モードから  $TE01\delta_z$  モードへエネルギーが移るようにし、結合調整用孔 h4 により  $TE01\delta_z$  モードから  $TM01\delta_{-(x+y)}$  モードへエネルギーが移るようにしている。これにより、誘電体コア 1b、1c はそれぞれ 3 段の共振器が縦続接続された共振器回路を構成する。したがって、全体として  $1+3+3+1$  で 8 段の共振器を縦続接続して成る誘電体フィルタとして作用する。

【0059】次に、上記 3 重モードの誘電体共振器装置を用いた他の誘電体フィルタの例を図 34 を参照して説明する。図 33 に示した例では、隣接する誘電体コアによるそれぞれの共振モードに結合する結合ループを設けたが、各誘電体共振器装置を誘電体コア毎に独立して設けてもよい。図 34 において、6a、6b、6c、6d はそれぞれ誘電体共振器装置であり、これらは、図 33 に示した各誘電体コアによる共振器をそれぞれ分離したものに相当する。但し、各誘電体共振器装置に設ける 2 つの結合ループが互いに干渉しないように、なるべく離

れた位置に配置している。4a, 4b1, 4b2, 4c1, 4c2, 4d1, 4d2, 4eはそれぞれ結合ループであり、それぞれの結合ループの一端をキャビティ内に接地し、他端を同軸ケーブルの中心導体に半田付けまたはカシメによって接続している。また、同軸ケーブルの外導体はキャビティに半田付け等によって接続している。なお、誘電体共振器6dについては、図が煩雑にならないように、結合ループ4d2を示す図と結合ループ4eを示す図とに分離して表している。

【0060】結合ループ4a, 4b1は誘電体コア1a 10 にそれぞれ結合し、結合ループ4b2は誘電体コア1bの $TM_{01\delta-(x-z)}$ に結合し、結合ループ4c1は誘電体コア1bの $TM_{01\delta-(x+z)}$ に結合する。同様に、結合ループ4c2は誘電体コア1cの $TM_{01\delta-(x-z)}$ に結合し、結合ループ4d1は誘電体コア1cの $TM_{01\delta-(x+z)}$ に結合し、結合ループ4d2, 4eは誘電体コア1dにそれぞれ結合する。

【0061】したがって、結合ループ4b1, 4b2間を同軸ケーブルで接続し、結合ループ4c1, 4c2間を同軸ケーブルで接続し、さらに結合ループ4d1, 4d2間を同軸ケーブルで接続することによって、全体として図34に示したものと同様に、1+3+3+1で8 20 段の共振器を縦続接続して成る誘電体フィルタとして作用する。

【0062】次に、送受共用器の構成例を図35に示す。ここで送信フィルタと受信フィルタは上記誘電体フィルタの構成から成る帯域通過フィルタであり、送信フィルタは送信信号の周波数、受信フィルタは受信信号の周波数を通過させる。送信フィルタの出力ポートと受信フィルタの入力ポートとの接続位置は、その接続点から、送信フィルタの最終段の共振器の等価的な短絡面までの電気長が、受信信号の周波数の波長で $1/4$ 波長の奇数倍となり、且つ上記接続点から、受信フィルタの初段の共振器の等価的な短絡面までの電気長が、送信信号の周波数の波長で $1/4$ 波長の奇数倍となる関係として 30 いる。これにより、送信信号と受信信号とを確実に分岐させる。

【0063】このように、共通に用いるポートと個別のポートとの間に複数の誘電体フィルタを設けることによって、同様にダイプレクサやマルチプレクサを構成 40 することができる。

【0064】図36は上記送受共用器（デュプレクサ）を用いた通信装置の構成を示すブロック図である。このように、送信フィルタの入力ポートに送信回路、受信フィルタの出力ポートに受信回路をそれぞれ接続し、デュプレクサの入出力ポートにアンテナを接続することによって、通信装置の高周波部を構成する。

【0065】なお、その他に上記ダイプレクサ、マルチプレクサ、合成器、分配器等の回路素子を多重モード誘電体共振器装置で構成して、これらの回路素子を用いて 50

通信装置を構成することにより、小型で高効率な通信装置を得ることができる。

#### 【0066】

【発明の効果】請求項1, 2に記載の発明によれば、略直方体形状の誘電体コアを、略直方体形状のキャビティの略中央部に配置するようにしたため、TMモードでありながら誘電体コアへの電磁界エネルギーの集中度が高まり、キャビティに流れる実電流が微小となり、Qoを高くすることができる。しかも、単一の誘電体コアおよびキャビティでありながら、2つまたは3つのTMモードを利用することができ、全体に小型化を図ることができる。

【0067】請求項3, 4に記載の発明によれば、TEモードでありながら2重または3重に多重化することができ、全体に小型化を図ることができる。

【0068】請求項5に記載の発明によれば、TMモードとTEモードの両モードを用いた誘電体共振器装置が得られ、また4重以上の多重モードの誘電体共振器装置となるため、全体にさらに小型化を図ることができる。

【0069】たとえば、多重化された上記の各共振モードを互いに結合させずに独立させて用いれば、帯域阻止フィルタ、合成器、分配器など、複数の共振器による回路を単一の誘電体コアを用いて小型に構成することができる。

【0070】請求項6に記載の発明によれば、複数の誘電体共振器を多段接続した共振器装置が構成され、帯域通過型フィルタ特性を有する小型の誘電体共振器装置が得られる。また、複数の共振モードのうち、幾つかを順次結合させ、他の共振モードを独立した共振器として用 30 いれば、たとえば帯域通過フィルタと帯域阻止フィルタを組み合わせたフィルタを構成することも可能となる。

【0071】請求項7に記載の発明によれば、Qの高いフィルタ特性を有し且つ小型の誘電体フィルタが得られる。

【0072】請求項8に記載の発明によれば、小型で低損失な複合誘電体フィルタが得られる。

【0073】請求項9に記載の発明によれば、小型で低損失な合成器が得られる。

【0074】請求項10に記載の発明によれば、小型で低損失な分配器が得られる。

【0075】請求項11に記載の発明によれば、小型で高効率な通信装置が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の基本部分の構成を示す斜視図である。

【図2】同共振器装置の各モードにおける電磁界分布を示す断面図である。

【図3】同共振器装置の各モードにおける電磁界分布を示す断面図である。

【図4】同共振器装置の各モードにおける電磁界分布を



示す断面図である。

【図 5】第 2 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の基本部分の構成を示す斜視図である。

【図 6】同共振器装置の製造工程の一例を示す図である。

【図 7】同共振器装置の各部の寸法を変化させた時の各モードの共振周波数の変化を示す図である。

【図 8】同共振器装置の各部の寸法を変化させた時の各モードの共振周波数の変化を示す図である。

【図 9】第 3 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の誘電体コア部分の構成を示す斜視図である。

【図 10】同共振器装置の溝深さの変化に対する各モードの共振周波数の変化を示す図である。

【図 11】第 4 ～ 6 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の各共振モード間の結合手段の説明に用いる誘電体コア部分の斜視図である。

【図 12】第 4 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置における 2 つの TM モードを結合させる場合の電磁界分布の例を示す図である。

【図 13】同共振器装置における 2 つの共振モードの磁界分布の例を示す斜視図である。

【図 14】同共振器装置における 2 つのモードの結合用孔の構成を示す図である。

【図 15】第 5 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置における電磁界分布および結合調整用孔の構成を示す図である。

【図 16】第 6 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置における各モードの電磁界分布を示す図である。

【図 17】図 16 における a-a 部分の断面における 2 つのモードの電磁界分布を示す図である。

【図 18】図 16 における 1 段目と 2 段目の共振モード間の結合調整用溝の構成を示す図である。

【図 19】図 16 における b-b 部分の断面における電界分布を示す図である。

【図 20】図 16 における 2 段目と 3 段目の共振モードを結合させるための溝の構成を示す図である。

【図 21】図 16 における a-a 部分の断面における電

界分布を示す図である。

【図 22】図 16 における 3 段目と 4 段目の共振モード間の結合調整用溝の構成を示す図である。

【図 23】図 16 における b-b 部分の断面における電界分布を示す図である。

【図 24】図 16 における 4 段目と 5 段目の共振モード間の結合調整用溝の構成を示す図である。

【図 25】第 7 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の主要部の構成例を示す斜視図である。

【図 26】従来の誘電体共振器装置の構成例を示す一部破断斜視図である。

【図 27】従来のシングルモードの誘電体共振器における電磁界分布の例を示す図である。

【図 28】第 8 の実施形態に係る多重モード誘電体共振器装置の基本部分の構成を示す斜視図である。

【図 29】同共振器装置の各モードにおける電磁界分布を示す断面図である。

【図 30】同共振器装置の各モードにおける電磁界分布を示す断面図である。

【図 31】同共振器装置の各モードにおける電磁界分布を示す断面図である。

【図 32】同共振器装置の誘電体コアの厚みと各モードの共振周波数との関係を示す図である。

【図 33】誘電体フィルタの構成を示す図である。

【図 34】他の誘電体フィルタの構成を示す図である。

【図 35】送受共用器の構成を示す図である。

【図 36】通信装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

1, 1a, 1b, 1c, 1d-誘電体コア

1'-連結部

2-キャビティ

3-支持体

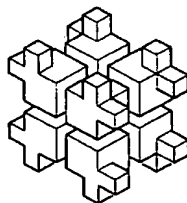
4a, 4b, 4c, 4d, 4e-結合ループ

5-伝送線路

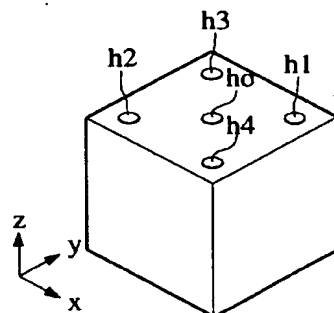
h0～h4-結合調整用孔

g-溝

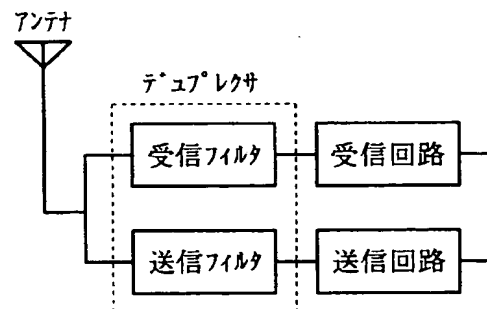
【図 9】



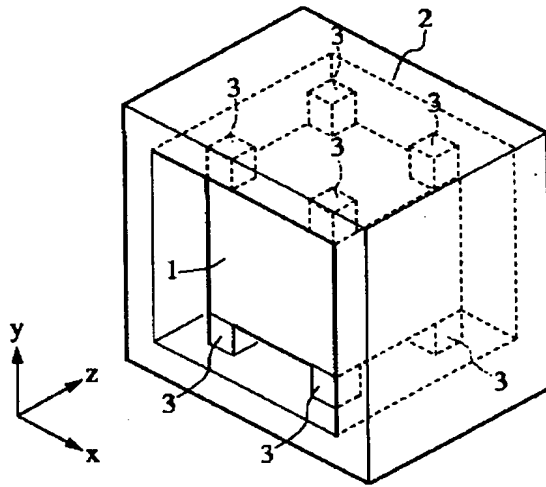
【図 11】



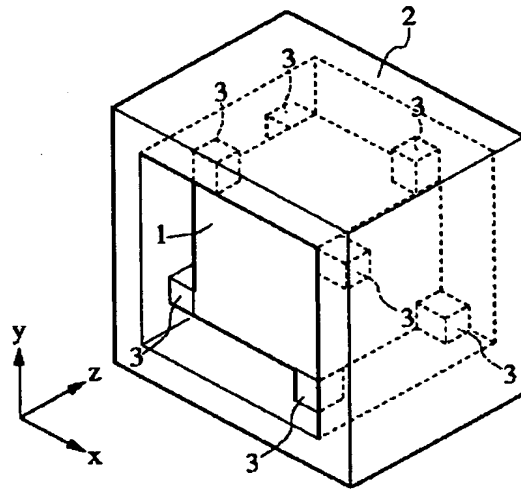
【図 36】



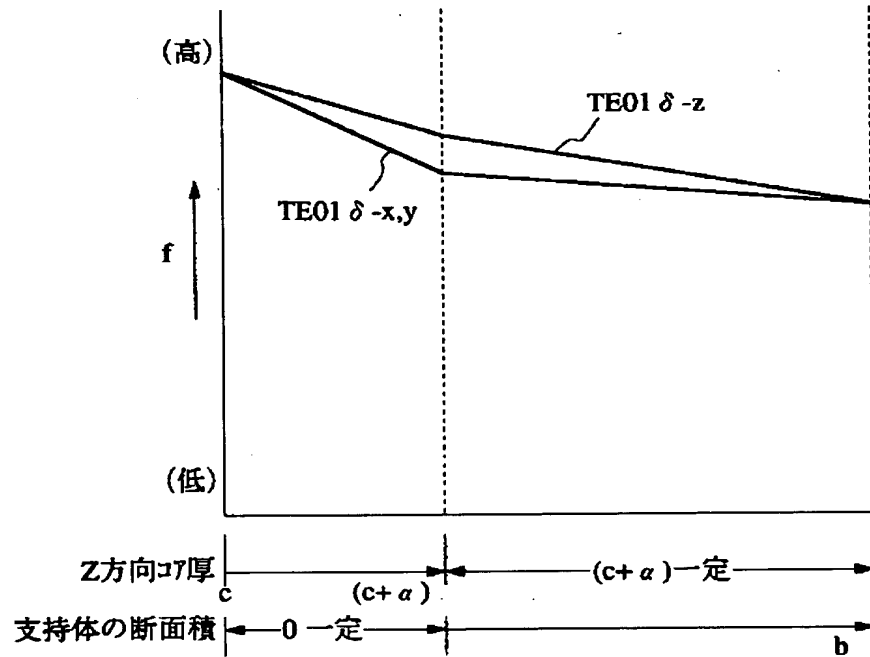
【図 1】



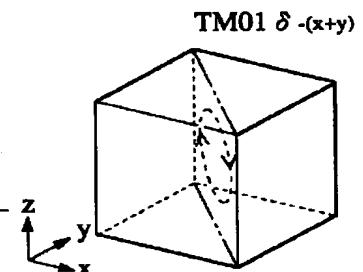
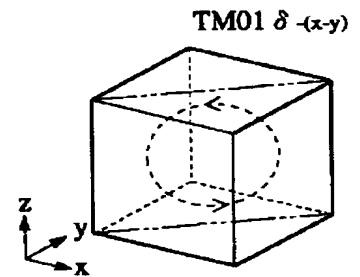
【図 5】



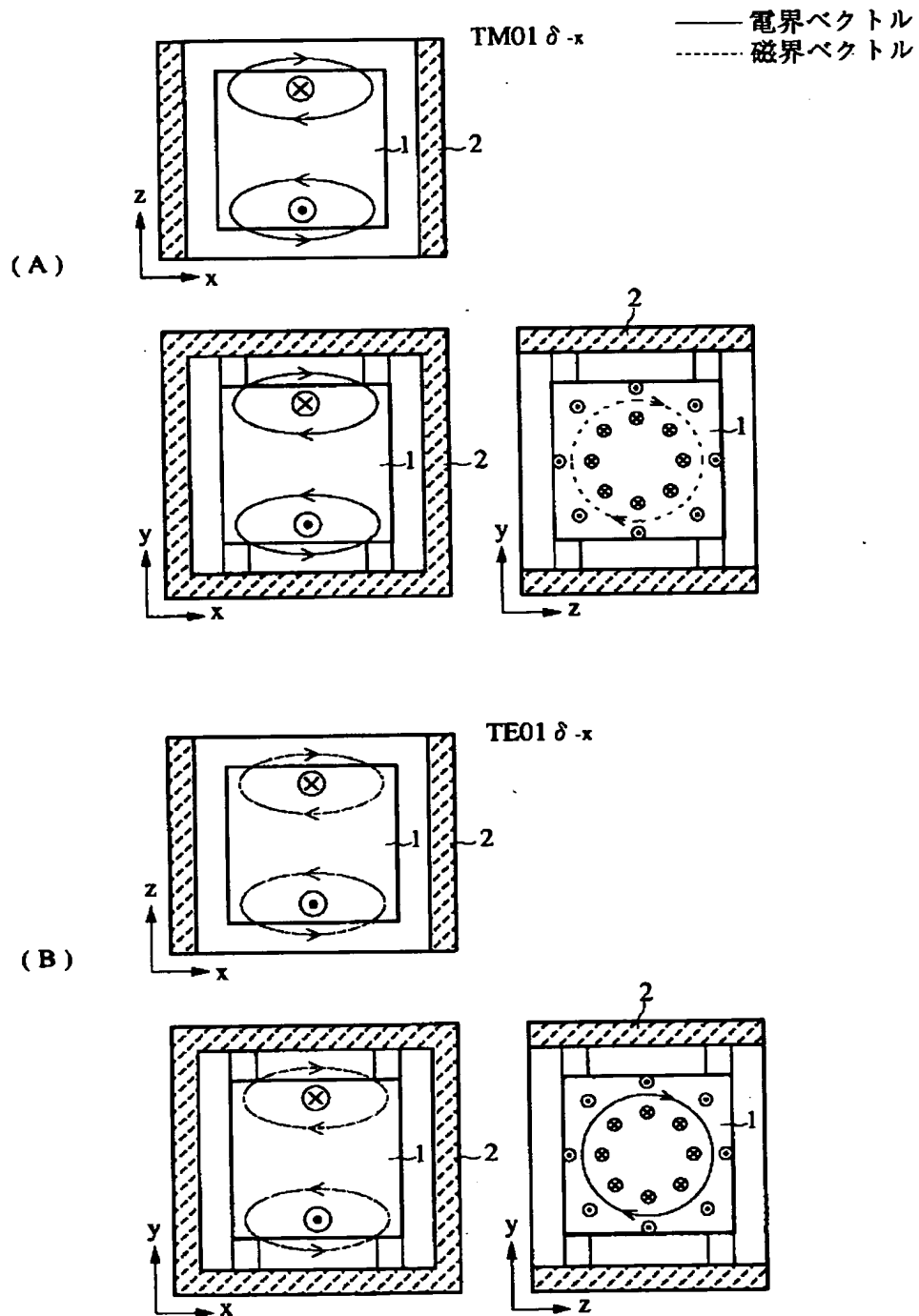
【図 7】



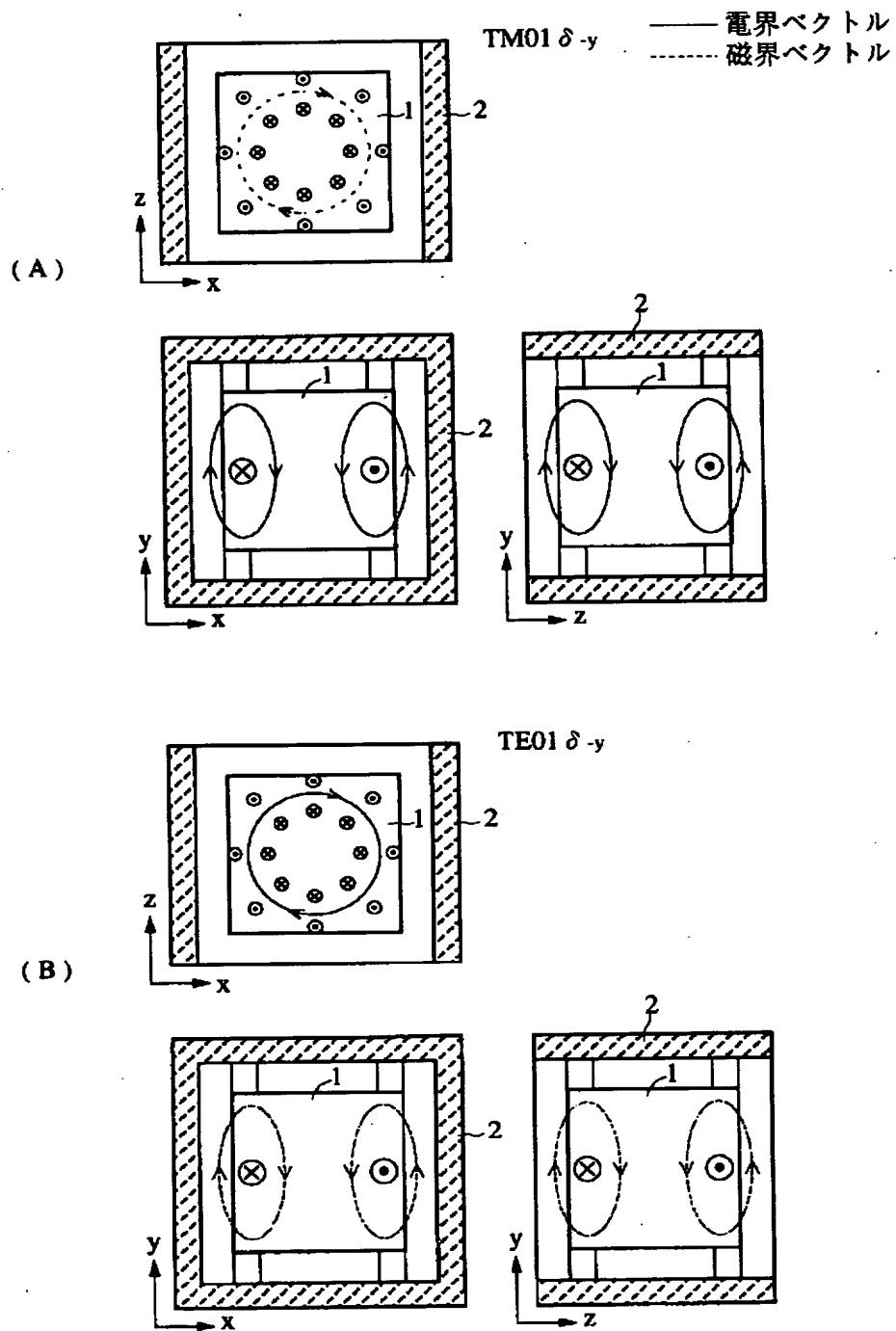
【図 13】



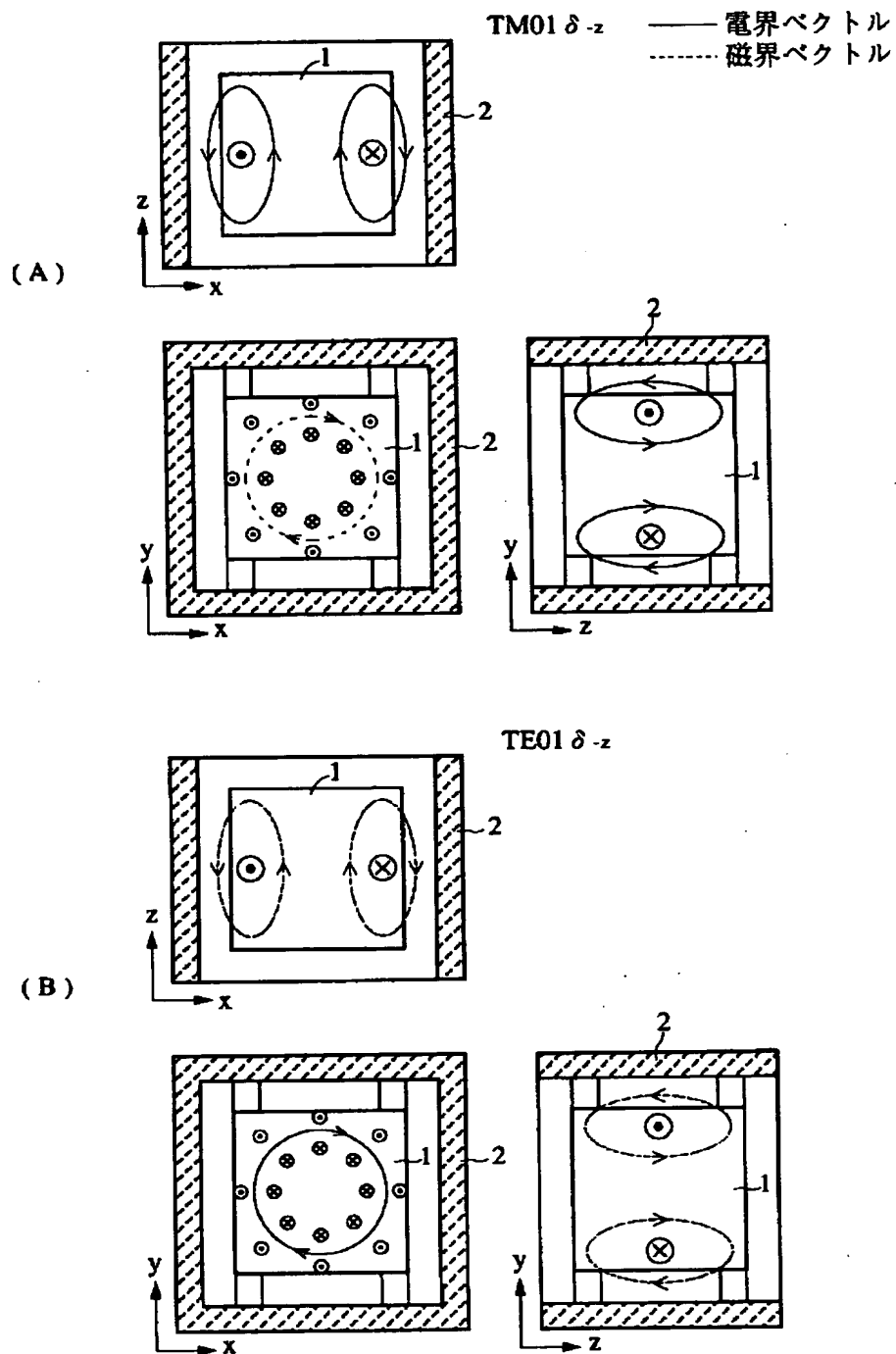
【図 2】



【図 3】

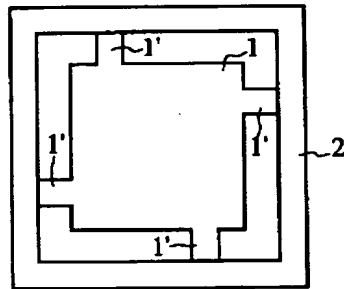


【図 4】

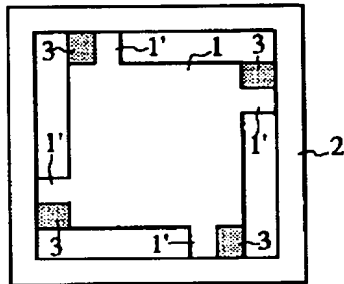


【図 6】

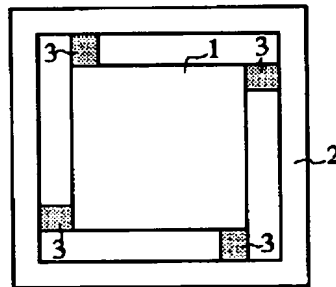
(A)



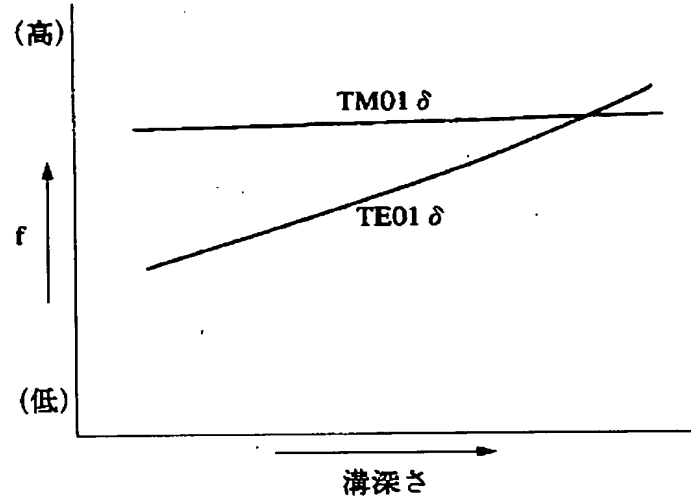
(B)



(C)

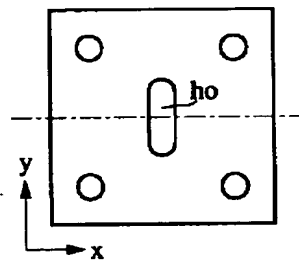


【図 10】

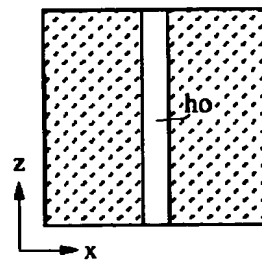


【図 14】

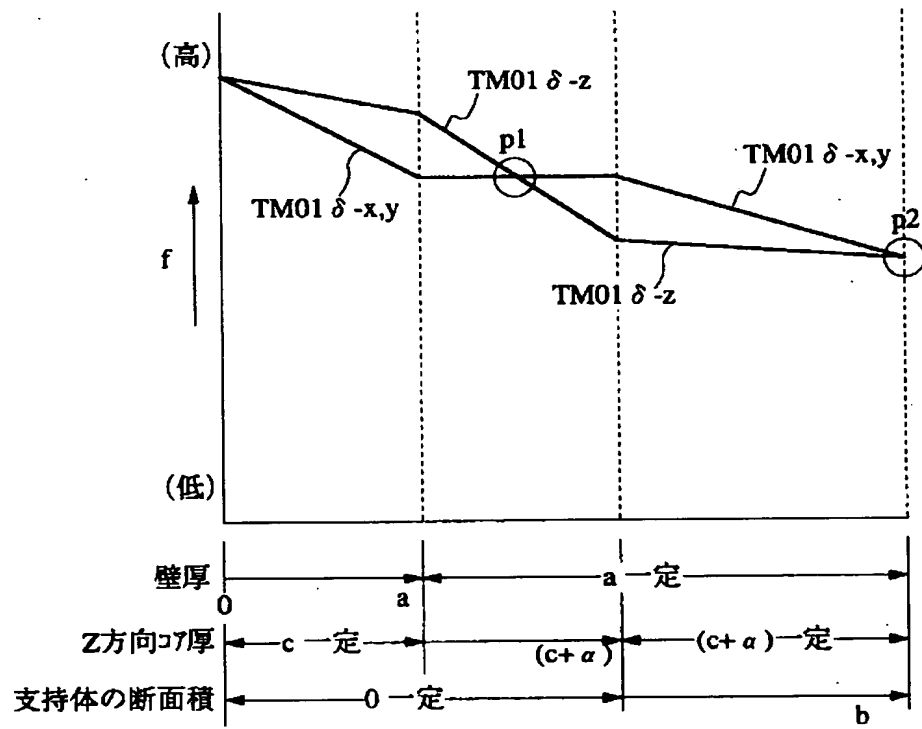
(A)



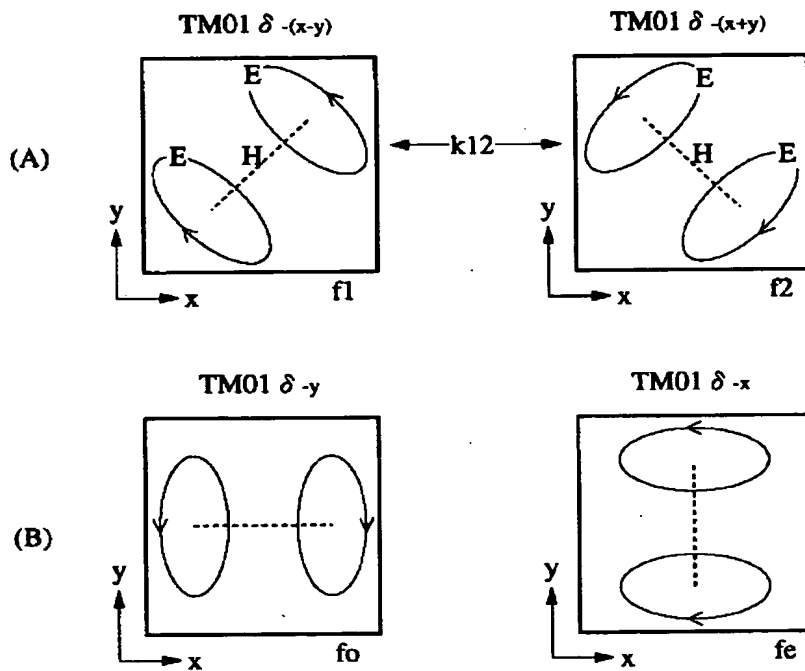
(B)



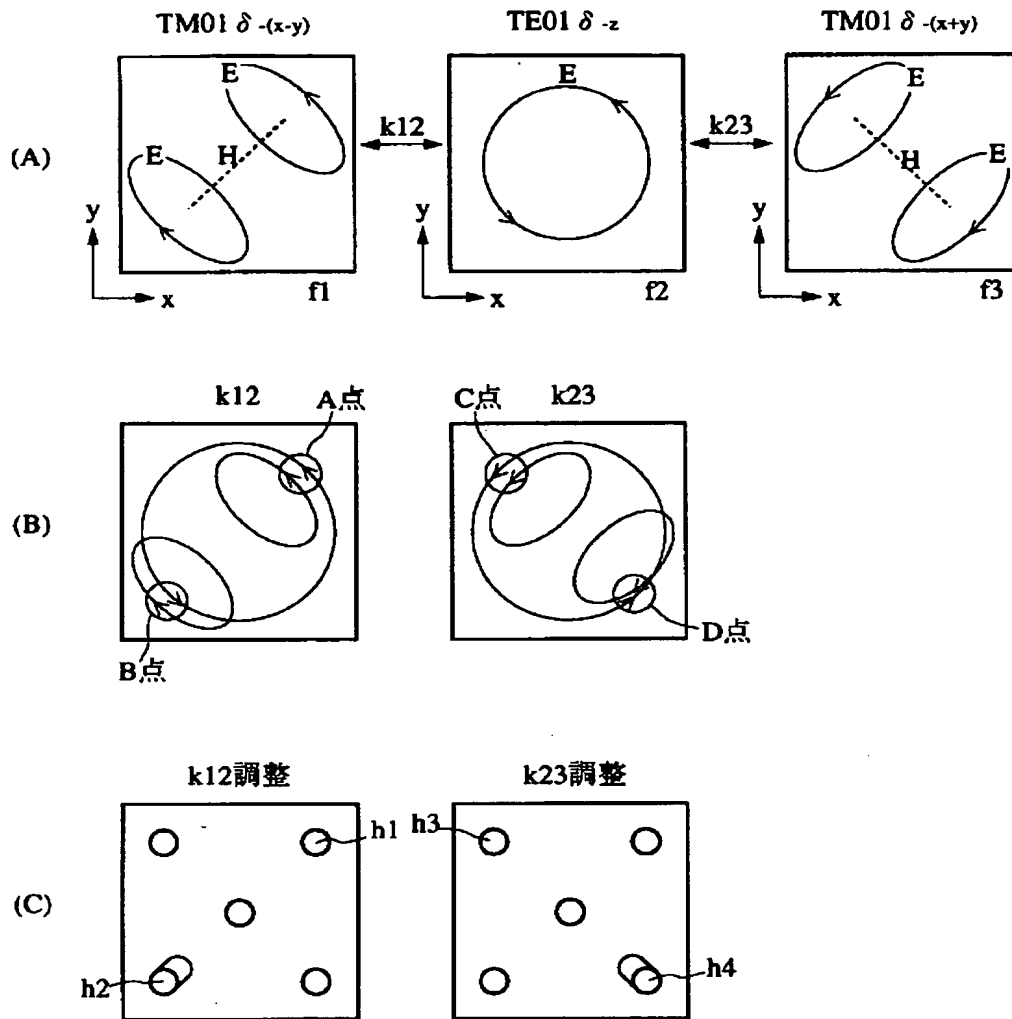
【図 8】



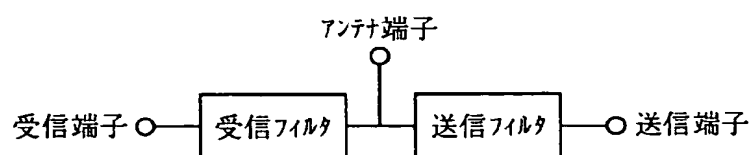
【図 1 2】



【図 1 5】

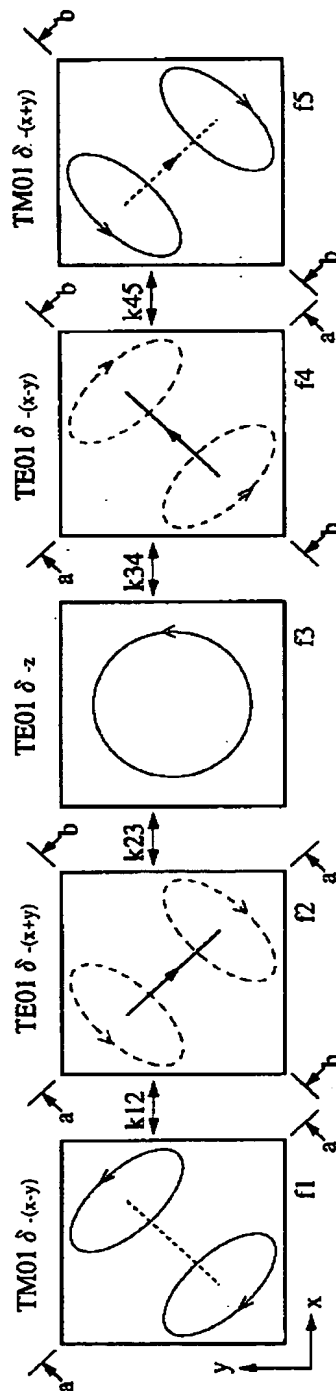


【図 3 5】



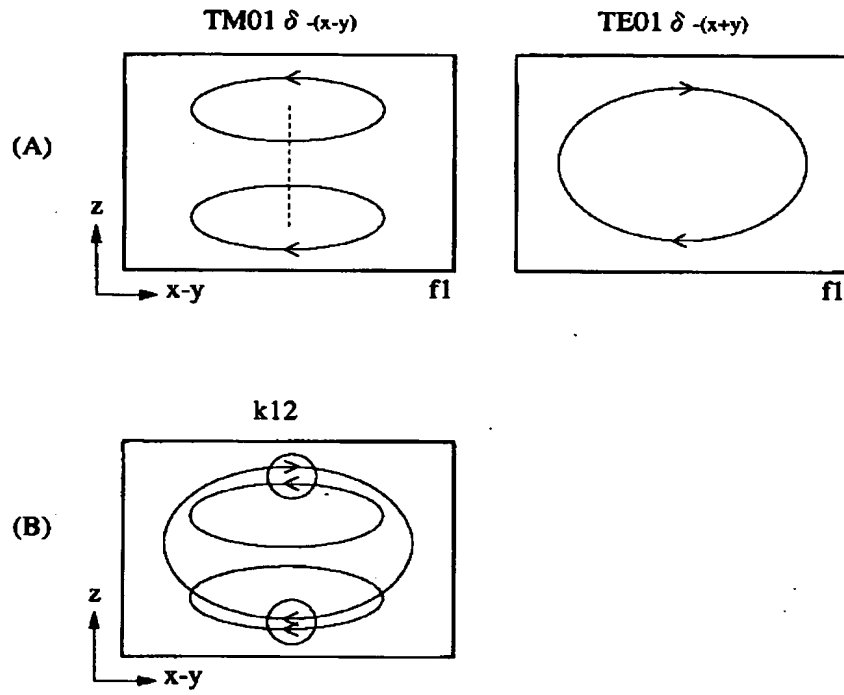


【図16】



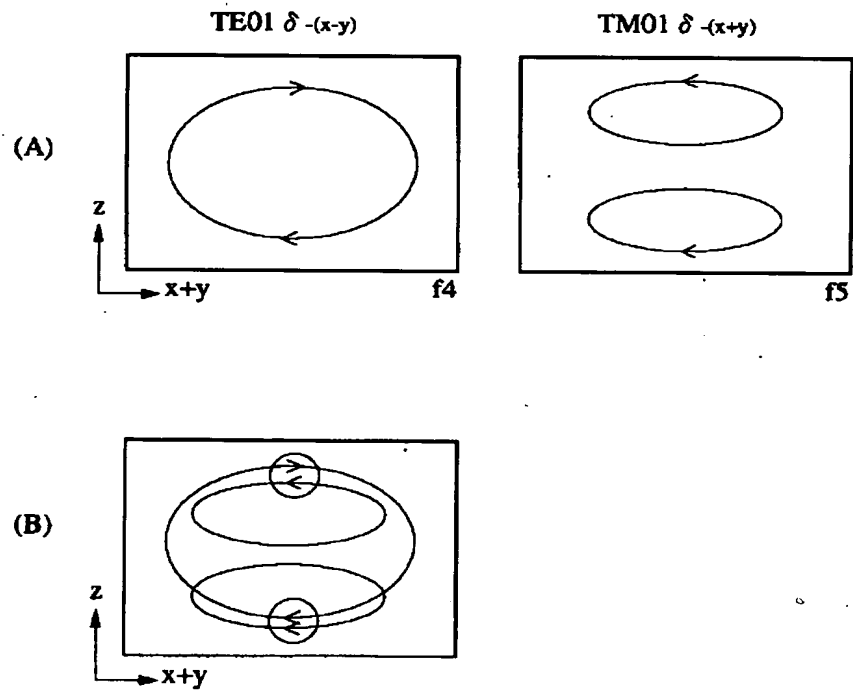
【図 1 7】

a-a断面図



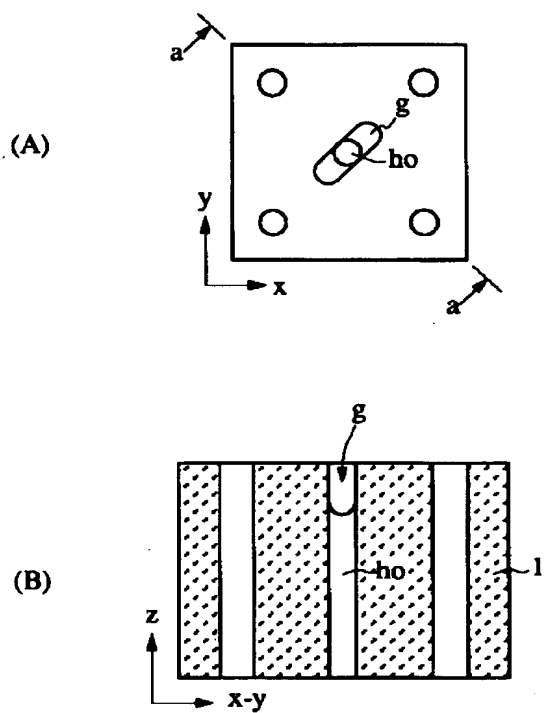
【図 2 3】

b-b断面



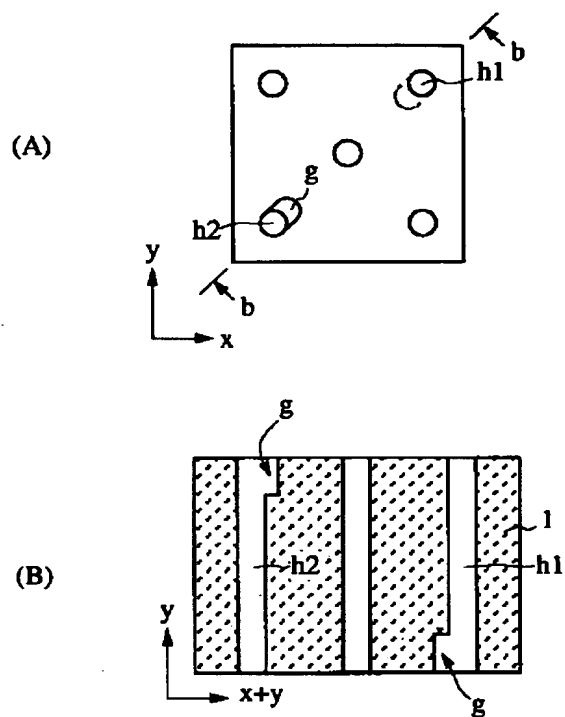
【図 18】

&lt;k12調整&gt;

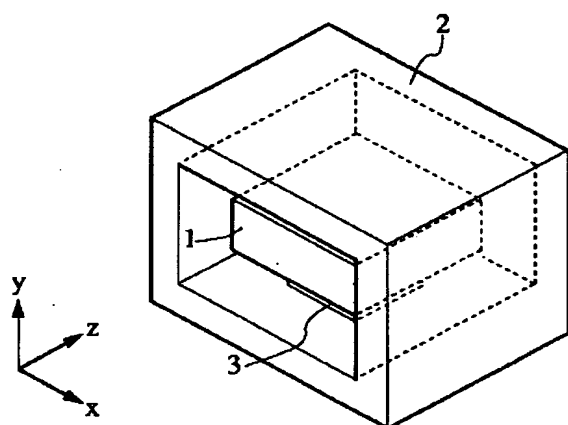


【図 20】

&lt;k23調整&gt;

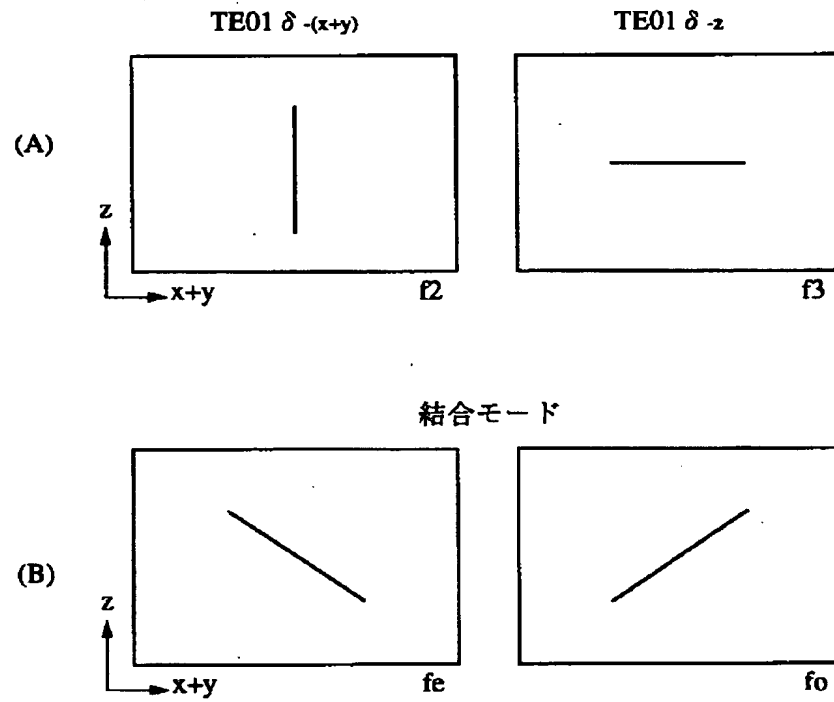


【図 28】

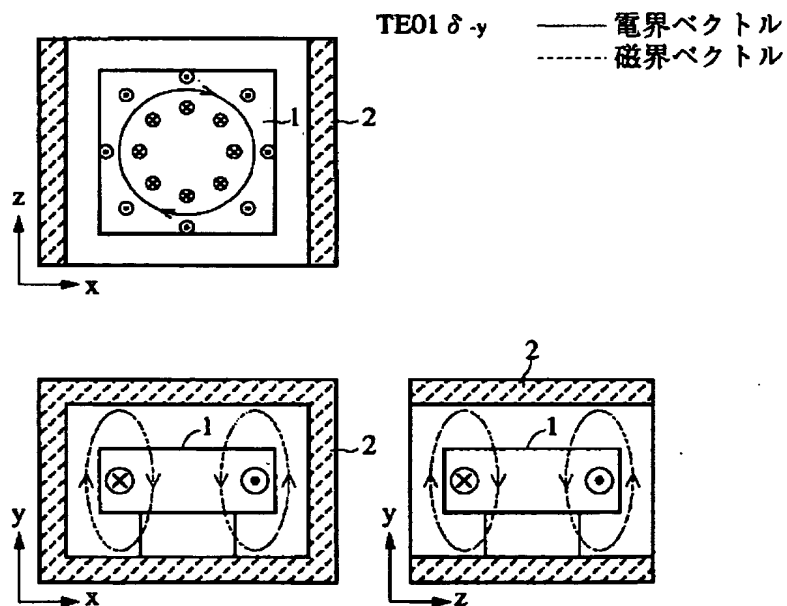


【図 1 9】

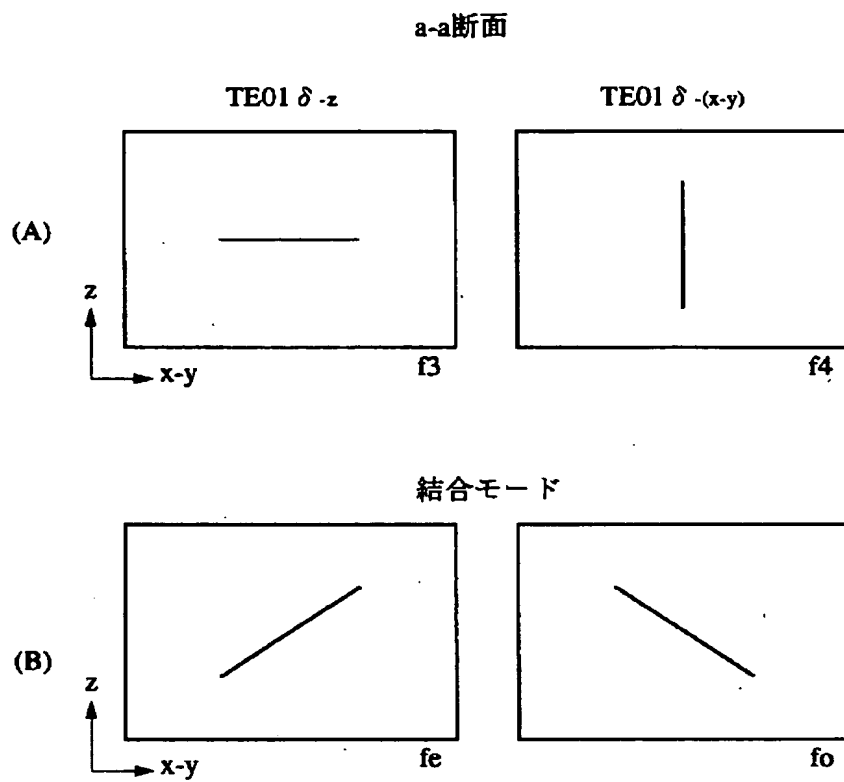
b-b断面



【図 2 9】

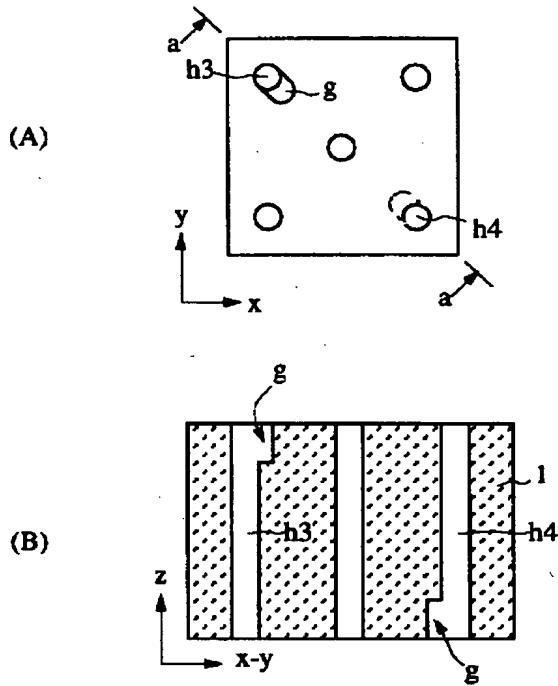


【図 2 1】



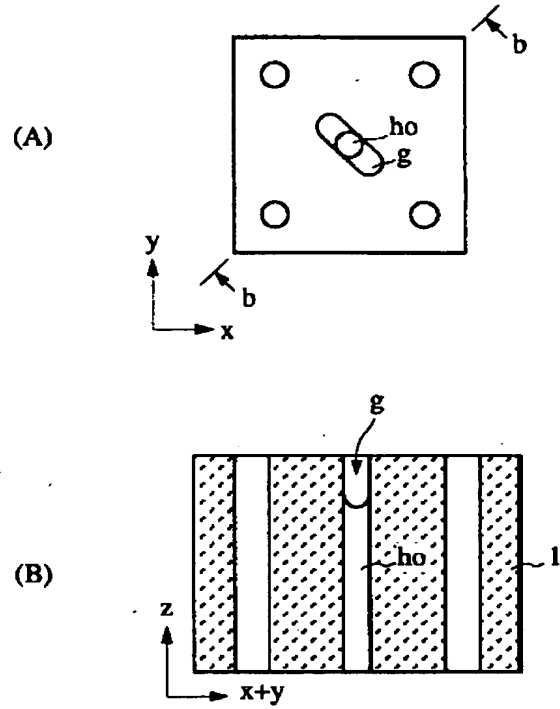
【図 2 2】

&lt;k34調整&gt;

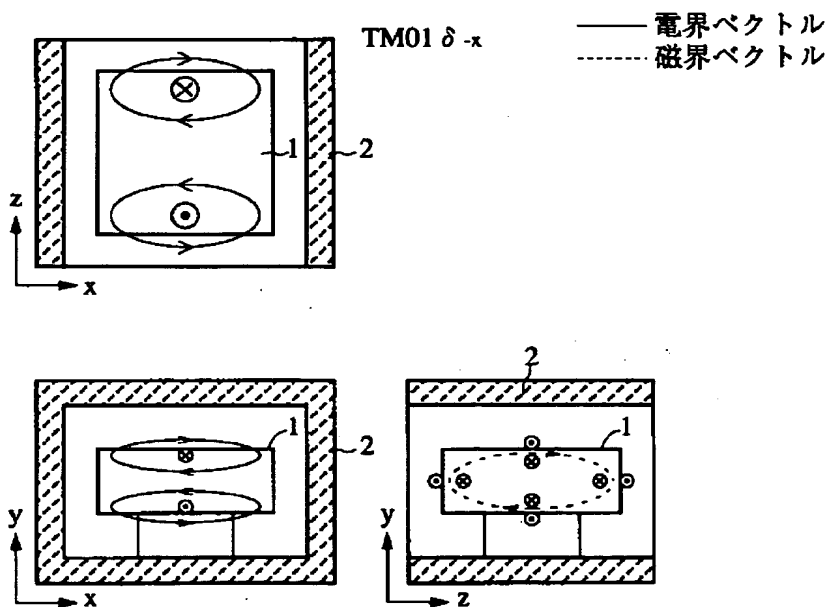


【図 2 4】

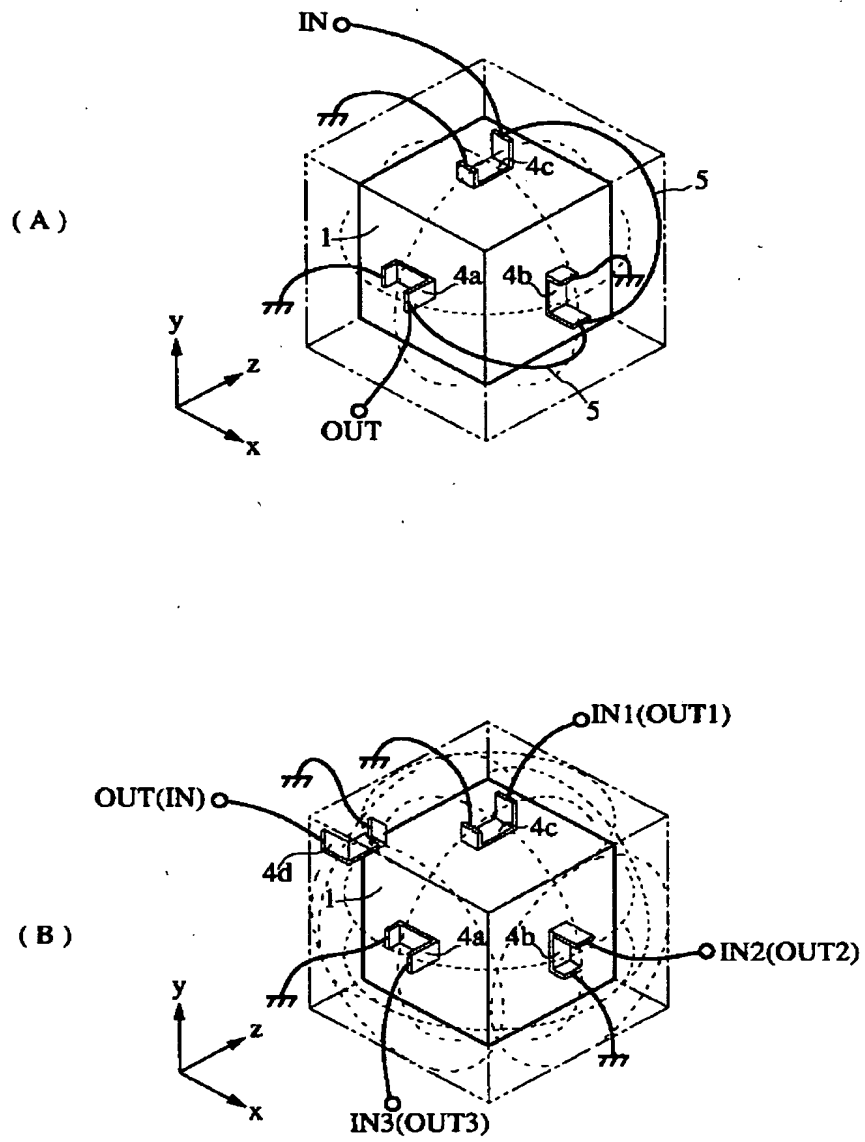
&lt;k45調整&gt;



【図 3 0】



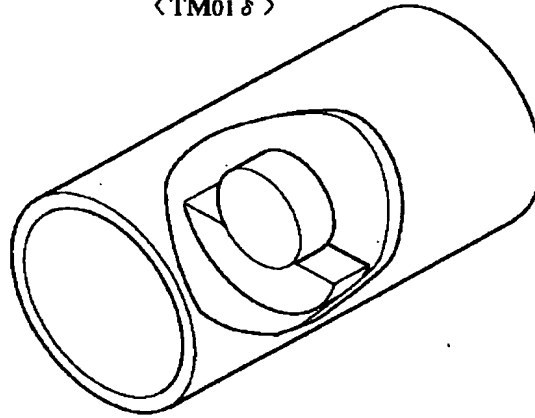
【図 25】



【図 2 6】

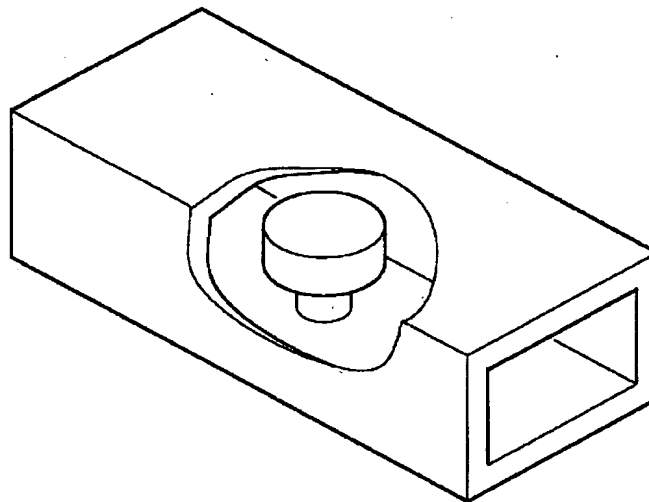
〈TM01 δ〉

(A)



〈TE01 δ〉

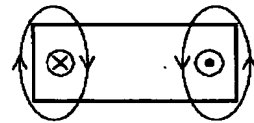
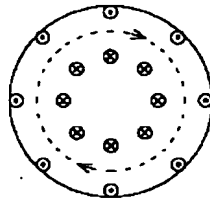
(B)





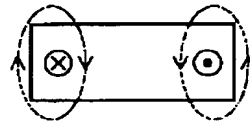
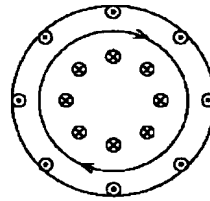
【図 27】

(A)



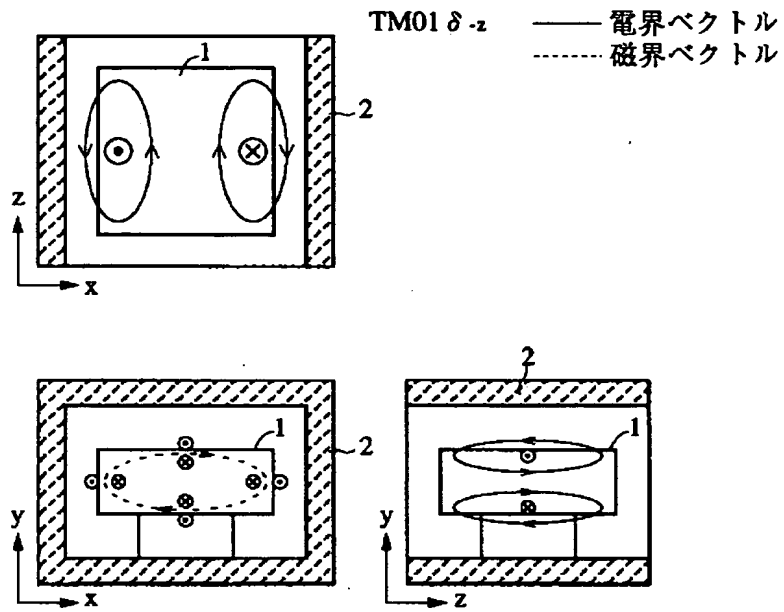
&lt;TM01 δ&gt;

(B)

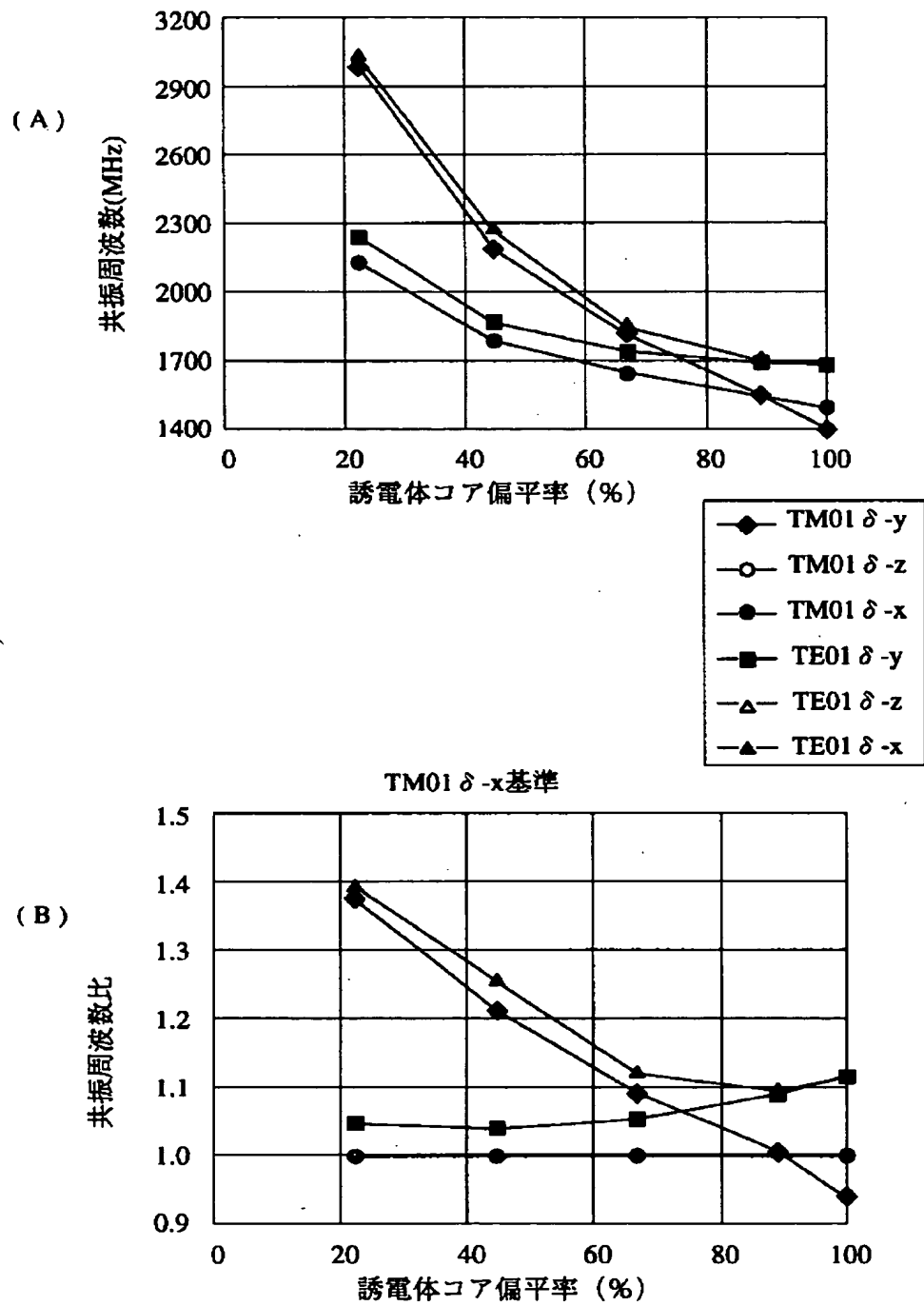


&lt;TE01 δ&gt;

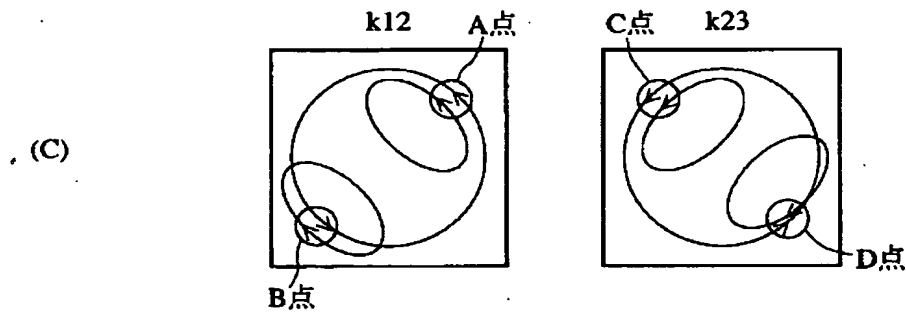
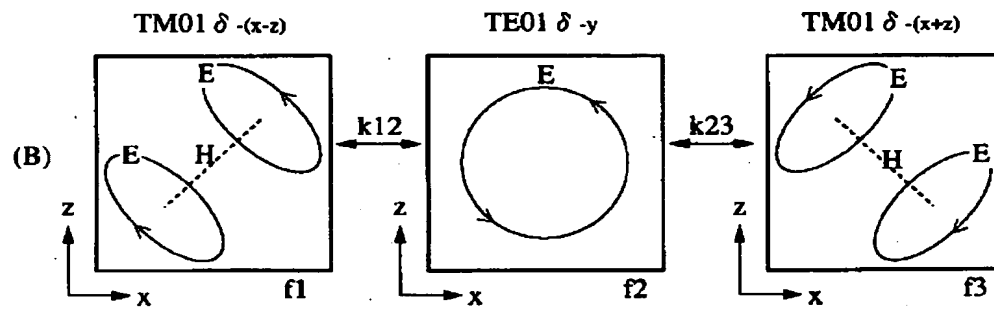
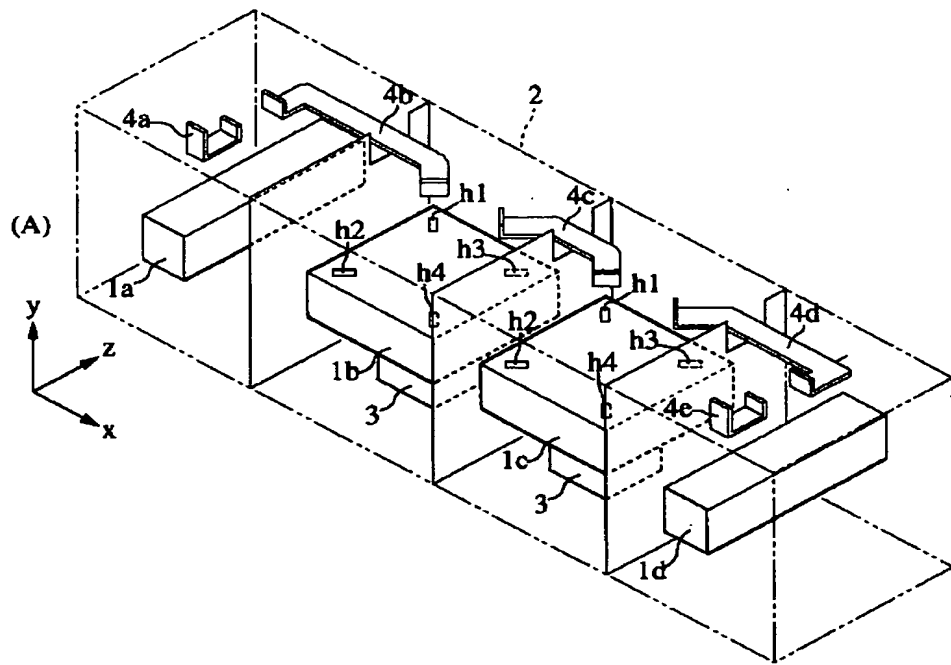
【図 3 1】



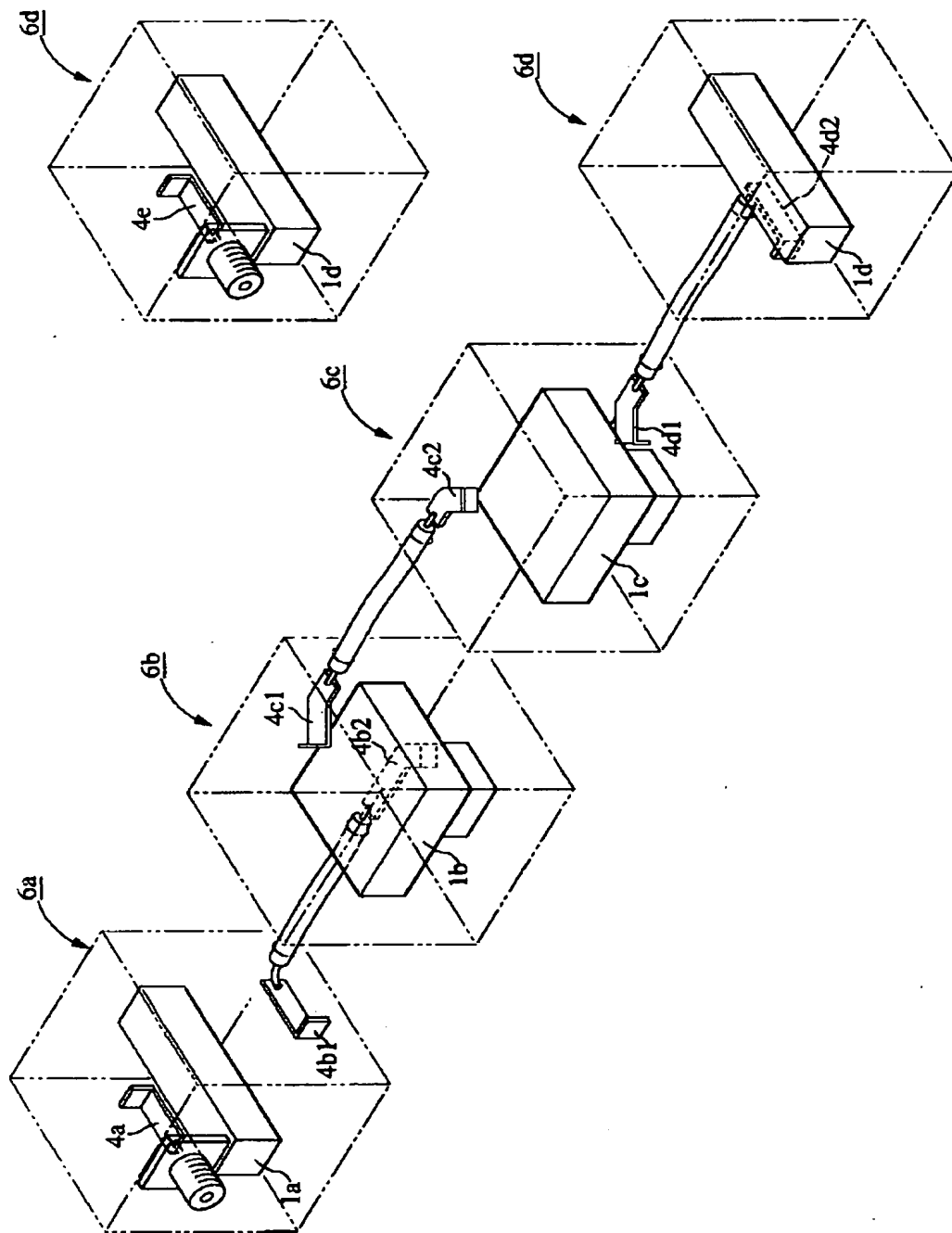
【図32】



【図 3 3】



【図 3 4】



フロントページの続き

(72)発明者 栗栖 徹  
京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内